

LVS3

Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas

Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

PAGRINDŽIAMASIS DOKUMENTAS

LVS3

Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas

Large Valorisation on Sustainability
of Steel Structures

PAGRINDŽIAMASIS DOKUMENTAS

2014 m. vasaris

Projekto, vykdyto gavus Europos Bendrijos Anglies
ir plieno tyrimų fondo finansinę paramą, pristatymas

A. K. Kvedaras, A. Šapalas, G. Šaučiuvėnas, Ž. Blaževičius.

Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas. LVS3. Pagrindžiamasis dokumentas.

Vertimas į lietuvių kalbą.

Vilnius: Technika, 2014. 94 p.

Leidinio el. versija <http://doi.org/10.3846/1520-S>

Leidinyje lietuvių kalba parengtas VGTU Statybos fakulteto mokslo laboratorijos „Kompozitas“ mokslininkų, vykdančių projektą (RFS2-CT-2013-00016) „Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas“ LVS3, iš dalies finansuotą Europos Komisijos Anglies ir plieno mokslo tyrimų fondo. Projektas tikslas – skleisti per pastaruosius metus įgytas žinias apie aplinkos poveikio plieniniams ir kompozitiniam pastatams vertinimą 19-oje LVS3 projekte dalyvavusių šalių. Per paskutinį dešimtmetį buvo finansuota daug mokslo tiriamųjų projektų, skirtų plieninių pastatų šiluminiam veiksmingumui sukurti, jų liekamąjį visuotinį aplinkos poveikį didinantiems būdams, sistemoms ir gaminiais. Naujajame pastatų aplinkosauginio vertinimo standarte EN 15978 atsižvelgiama į tai, kad plienas gali būti kartotinai naudojama medžiaga. Vykdamas šį projektą visos įgytos žinios apibendrintos įvairiuose dokumentuose (visų pirma tokiuose standartu EN15978 grindžiamuose dokumentuose: „Pagrindžiamajame“, „Projektavimo vadove“, „Pavyzdžių tyrimuose“ ir „Vartotojui patogioje programinėje įrangoje“). Visos šios ugdymo ir mokymo paramos priemonės išverstos į įvairias Europos kalbas ir skleidžiamos Europoje organizuojamuose seminaruose. Šis leidinys – Lietuvai skirtas „Pagrindžiamasis dokumentas“.

Leidiniu gali naudotis statybos ir pastatų priežiūros inžinieriai, statybos specialybių studentai.

Leidinyje yra 45 numeruotos lentelės, 39 numeruoti paveikslai, 54 literatūros šaltiniai.

Yra užtikrintas šio leidinio vientisumas, kokybė ir pateikiama informacija, tačiau jokios atsakomybės dėl žalos, padarytos turtui ar asmenims naudojantis šiuo leidiniu ir jame pateikta informacija, neprisiima nei projekto partneriai, nei leidėjas.

Kopijuoti nekomerciniais tikslais leidžiama su sąlyga, kad šaltinis yra pripažintas ir apie tai pranešta projekto koordinatoriui. Norint viešai platinti šį leidinį kitais šaltiniais nei dokumente nurodytose svetainėse, reikalingas išankstinis projekto partnerių leidimas. Prašymai turi būti adresuojami projekto koordinatoriui: ARCELORMITTAL BELVAL & DIFFERANGE S.A., Rue de Luxembourg 66, Esch-sur-Alzette, Luxembourg.

Šis dokumentas susijęs su žinių sklaidos projektu (RFS2-CT-2013-00016) „LVS3 – Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas / Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures“, kurį iš dalies finansuoja Europos Bendrijos Anglies ir plieno mokslo tyrimų fondas (RFCS).

VGTU leidyklos TECHNIKA 1520-S mokomosios metodinės literatūros knyga

<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-745-1

eISBN 978-609-457-744-4

doi:10.3846/1520-S

Originalas anglų kalba „Large Valorisation on Sustainability
of Steel Structures. Background document“.

TURINYS

1. ĮVADAS.....	5
2. PASTATŲ TVERMĖS ĮVERTINIMAS	6
2.1. Tvermės supratimas	6
2.2. Pastato tvermės vertinimo būdai ir priemonės	7
2.3. Norminė tvermės vertinimo sistema	8
2.3.1. Tikslų apibrėžimas ir apimtis	8
2.3.1.1. Funkcija ir funkcinis vienetas	8
2.3.1.2. Sistemos ribos.....	9
2.3.1.3. Duomenų kokybės reikalavimai	9
2.3.2. Tvermės aprašo nagrinėjimas	9
2.3.3. Tvermės poveikio vertinimas	10
2.3.3.1. Bendrasis skaičiavimo būdas.....	10
2.3.3.2. Galimų aplinkos poveikių skaičiavimas	10
2.3.4. Tvermės aiškinimas.....	16
2.3.5. Aiškinamasis pavyzdys	17
2.4. Pastatų tvermės vertinimo Europos standartai	17
2.4.1. CEN TC350.....	17
2.4.2. Pastato lygmuo (EN 15978).....	18
2.4.2.1. Funkcinis ekvivalentas.....	18
2.4.2.2. Tvermės tarpsniai.....	19
2.4.2.3. Tvermės poveikio vertinimas	20
2.4.3. Gaminių lygmuo (EN 15804)	22
2.5. Kiti standartai ir normos (daugiausia naudojimo tarpsniui).....	22
3. SUPAPRASTINTIEJI PASTATŲ VERTINIMO BŪDAI	24
3.1. Įvadas	24
3.2. Tvermės vertinimo algoritmas, pagrįstas makrokomponentų dalimis	24
3.2.1. Pagrindiniai žingsniai	24
3.2.1.1. Tikslas ir taikymo sritis.....	24
3.2.1.2. Gyvavimo tarpsnio inventorių	25
3.2.1.3. Gyvavimo ciklo poveikio vertinimas	26
3.2.2. Kartotiniai naudojamų medžiagų paskirstymas	27
3.2.2.1. Įvadas	27
3.2.2.2. Plieno atliekų paskirstymas	28
3.2.3. Makrokomponentų apibūdinimas	30
3.2.4. Makrokomponentų dalių sąrankos aiškinamasis pavyzdys	31
3.2.4.1. Makrokomponentų dalių montavimas	31
3.2.4.2. Funkcinis vienetas ir numatytoji medžiagų naudojimo trukmė	31
3.2.4.3. Scenarijai ir prielaidos.....	32
3.2.4.4. Aplinkos analizė	33
3.3. Energijos kiekybiško vertinimo algoritmas (naudojimo stadija).....	33
3.3.1. Įvadas.....	33
3.3.2. Pastato vieta ir klimatas.....	34

3.3.3. Energijos poreikio skaičiavimo būdas.....	38
3.3.3.1. Energijos poreikis šildyti ir vėsinti.....	38
3.3.3.2. Energijos poreikis karštam vandeniui ruošti (DHW)	50
3.3.3.3. Energijos suvartojimas	50
3.3.3.4. Šiluminė inercija.....	52
3.3.3.5. Šilumos tiltai	52
3.3.4. Algoritmo sutikrinimas	53
3.3.4.1. Tikslumo patikra pagal EN 15265	53
3.3.4.2. Kalibravimo koeficientai	54
4. PATVIRTINTŲ BŪDŲ ĮTEISINIMAS.....	59
4.1. Makrokomponentų būdo įteisinimas.....	59
4.1.1. Pavyzdžio tyrimo apibūdinimas.....	59
4.1.2. Makrokomponentų pasirinkimas.....	60
4.1.3. Makrokomponentų būdo taikymas	61
4.1.4. Palyginimas su detaliu tvermės nagrinėjimu	62
4.2. Energijos poreikių skaičiavimo būdo įteisinimas.....	63
4.2.1. Klimato duomenys ir šiluminiai žemės rodikliai	63
4.2.2. Su naudojimu susiję duomenys.....	64
4.2.3. Pastato tarnybos.....	64
4.2.4. Įstiklinti apdaro elementai ir eksploataciniai šešėlio įrenginio reikalavimai	64
4.2.5. Nepermatomas apdaras	65
4.2.6. Pastato energinės elgsenos rezultatai.....	65
4.2.7. Palyginimas su skaitmeniniu sudėtingesniu modeliavimu	65
4.3. Baigiamosios nuostatos	67
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	68
1 PRIEDAS. Makrokomponentų duomenų bazė.....	71

1. ĮVADAS

Projekto tikslas – skleisti nuodugrias žinias apie plieninių konstrukcijų tvermės vertinimo būdų sukūrimą ir įteisinimą. Šis dokumentas parengtas remiantis sklaidos projektu **LVS3: Platus plieninių konstrukcijų tvermės norminimas / Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures** (RFS2-CT-2013-00016).

Šiame dokumente koncentruojamasi į du vienas su kitu susijusius būdus:

- makrokomponentų dalių būdą, kuriuo vertinama pastatų ir (arba) jų sudedamųjų dalių tvermė, kiekybiškai neįvertinant energijos pastato naudojimo metu;
- pastato naudojimo trukmę, padedančią kiekybiškai vertinti pastatų vartojamą energiją.

Abu būdai buvo sukurti ir įteisinti Europos RFCS projektu *SB_Steel: Sustainability of Steel Buildings* (SB_Steel 2014). Jie buvo įdiegti į turimas programines įrangas vykdant LVS3 projektą. Pirmasis buvo įdiegtas į tvermės skaičiuojamąjį (LCA) kalkuliatorių – priemonę, kurią sukūrė Koimbros universitetas (Portugalija) kartu su Europos statybinių plieninių konstrukcijų konvencija (ECCS), siekdami įdiegti į iPad ir iPhone, ir AMECO – priemonę, kurią sukūrė ArcelorMittal ir CTICM. Ją į AMECO įdiegė CTICM.

Dokumentą sudaro į trys pagrindinės dalys. Pirmojoje dalyje (2 skyriuje) pateikta glausta informacija apie tvermę, pristatomi įvairūs pastatų tvermės vertinimo būdai ir pagrindinė tvermės skaičiavimo pagal tarptautinius standartus sistema. Antrojoje dalyje (3 skyriuje) nagrinėjami tvermės poveikių aplinkai vertinimo būdai ir įvertinamas pastatų energijos poreikis per jų naudojimo trukmę. Paskutinėje šio dokumento dalyje (4 skyriuje) tiriami pavyzdžiai, iliustruojantys priimtųjų būdų įteisinimą.

2. PASTATŲ TVERMĖS ĮVERTINIMAS

2.1. TVERMĖS SUPRATIMAS

Tvermės skaičiavimas (LCA) – objektyvus vyksmas, skirtas aplinkos poveikiui, siejamam su gamyba arba veikla, įvertinti bei įdiegti aplinkos gerinimo galimybes.

Skaičiuojant tvermę nustatomas ir kiekybiškai įvertinamas medžiagų naudojimo mastas, energijos poreikiai, kietosios atliekos, atmosfera ir vandeniu plintančios emisijos per gaminio tvermės trukmę (t. y. laiką nuo žaliavinės medžiagos įsigijimo iki gyvavimo pabaigos) (2.1 pav.).



2.1 pav. Tvermės būdai (nuoroda į stalkretsloppet.se)

Tvermės būdus rekomenduoja Jungtinė gaminių politika (COM (2003)302) galimam gaminių poveikiui įvertinti.

Galimas aplinkos poveikis pasireiškia visais pastato ar kitos konstrukcijos tvermės tarpsniais. Pagrindinis tvermės sampratos pranašumas tas, kad ji padeda išvengti esminės kitimo peržiūros nuo vieno tvermės tarpsnio iki kito, nuo vieno geografinio rajono iki kito, nuo vienos aplinkos terpės (pavyzdžiui, oro kokybės) iki kitos (pavyzdžiui, vandens ar žemės) (UNEP 2004).

Be to, tvermės būdai suteikia geresnį pasirinkimą ilgesniam laikui. Jie leidžia suprasti, kad kiekvienas visos gaminio tvermės grandinės elementas nuo pradžios iki pabaigos yra svarbus, ir atsižvelgti į visus poveikius aplinkai (UNEP 2004). Kiekybiškai įvertinus visas emisijas į orą, vandenį ir žemę, kurios daromos kiekvienu tvermės tarpsniu, tvermės būdas leidžia nustatyti pavojingiausius procesus, vykstančius per gaminio ar sistemos gyvavimo trukmę, ir padidinti aplinkos gerinimo galimybę visoje gaminio gyvavimo grandinėje.

Tačiau šis skaičiavimo būdas turi kai kurių trūkumų:

- tvermės skaičiavimas (LCA) paprastai atima daug laiko ir yra brangus, dažnai reikalaujantis ekspertų pagalbos;
- tai nėra apskritai priimtinas tvermės skaičiavimo būdas;
- skaičiuojant tvermę kai kurios daromos prielaidos gali būti subjektyvios (pavyzdžiui, kraštinių sąlygų nustatymas, duomenų šaltiniai, poveikio vertinimo pasirinkimas);
- tvermės skaičiavimo rezultatai gali būti taikomi nacionaliniu ir regioniniu lygmeniu, todėl jie negali būti tinkami vietiniam taikymui;
- tvermės skaičiavimo tyrimo tikslumas priklauso nuo reikiamų duomenų kokybės.

Šiame projekte priimtais tvermės skaičiavimo būdais siekiama ištaisyti, kaip parodyta kitame skyriuje, kai kuriuos pirmiau minėtus trūkumus.

Kitame poskyryje trumpai pristatyti įvairūs pastatų tvermės vertinimo būdai ir priemonės.

2.2. PASTATO TVERMĖS VERTINIMO BŪDAI IR PRIEMONĖS

Statyba daro didžiausią poveikį aplinkai pramonės sektoriuje. Pastaruoju metu didėjo susidomėjimas užstatytos aplinkos aplinkosauginiu vertinimu.

Šiuo metu užstatyta aplinka vertinama dviem pagrindiniais būdais (Reijnders, Roekel 1999). Tai:

- kokybinės priemonės, pagrįstos priežastimis ir kriterijais;
- priemonės, kurioms naudojama įvesčių ir išvesčių, grindžiamų tvermės būdu, kiekybinė analizė.

Iš pirmosios grupės priemonių minėtinos tokios sistemos, kaip LEED (JAV), BREAM (Jungtinė Karalystė), GBTool (Tarptautinė tvarios užstatytos aplinkos iniciatyva (iiSBE)) ir t. t. Šie būdai, taip pat žinomi kaip vertinimo sistemos, paprastai grindžiami pastatų auditu ir rezultatų paskirstymu pagal iš anksto nustatytus rodiklius. Nors kai kurie kokybiniai rodikliai taip pat gali būti kiekybiniai ir dažnai naudojami tvermės analizei (LCA), kiekybiškai vertinant medžiagų savybes. Paprastai šios sistemos naudojamos norint gauti žaliųjų pastatų sertifikatus ir ekologines pažymas. Tačiau tokios priemonės šiame dokumente nenagrinėjamos, todėl toliau nagrinėjamos antrosios grupės priemonės, pagrįstos tvermės būdais.

Tvermės skaičiavimas (LCA) statybos sektoriuje gali būti taikomas tiesiogiai. Tačiau dėl jo rodiklių atsiranda papildomų problemų taikant standartinę tvermę pastatams ir kitiems statiniams. Pagrindinės to priežastys yra šios (IEA 2001):

- pastatų gyvavimo trukmė yra ilga ir nežinoma, todėl susijusi su aukštu neapibrėžtumo lygiu;
- pastatų gyvavimas priklauso nuo vietos, o daugelis jiems daromų poveikių yra vietiniai;
- statybos gaminiai paprastai pagaminti iš sudėtinių medžiagų, tad būtina sukaupti daugiau duomenų, susijusių ir su gamybos procesais;
- pastato naudojimo tarpsniui energijos sąnaudos labai priklauso nuo naudotojų elgsenos ir priežiūros;
- pastatas yra itin daugiafunkcis, todėl sunku pasirinkti tinkamą funkcinių vienetą;
- pastatai yra glaudžiai susieti su kitais elementais statybos aplinkoje, ypač miesto infrastruktūroje, kaip keliai, vamzdžiai, žaliosios erdvės ir gydymo paslaugos, todėl tai gali labai klaidinti atliekant pastato izoliacijos tvermės vertinimą.

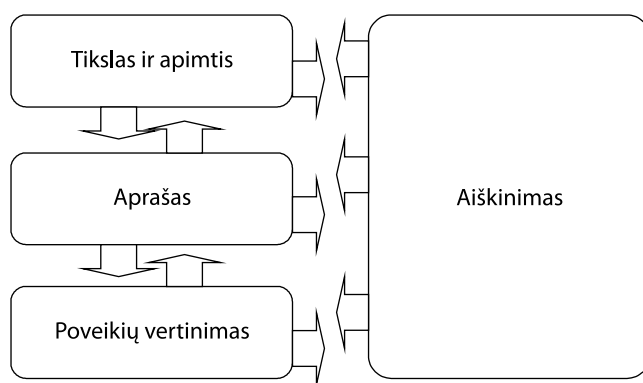
Pastatų ir jų sudedamųjų dalių tvermės vertinimas grindžiamas skirtumu tarp tvermės vertinimo priemonių, sukurtų siekiant įvertinti statybines medžiagas ir jų sudedamąsias dalis (t. y. BEES (Lippiatt 2002)), ir tvermės vertinimo būdų, skirtų pastatui kaip visumai vertinti (t. y. Athena (Trusty 1997), Envest (Howard *et al.* 1999), EcoQuantum (Kortman *et al.* 1998)). Pastarasis būdas paprastai yra daug sudėtingesnis, nes viso pastato elgsena priklauso nuo sąveikos tarp atskirų sudedamųjų dalių ir posistemų, taip pat nuo sąveikos su gyventojais ir gamtine aplinka. Tinkamos priemonės pasirinkimas priklauso nuo savitų aplinkosaugos projekto siekių.

Tvermės vertinimo (LCA) priemonių, kaip pagalbinių projektavimo priemonių, tikslumas ir tinkamumas buvo nagrinėti projekte, plėtotame Europos tematiniam tinkle PRESCO (Praktinės tvarios statybos rekomendacijos) (Kellenberger 2005). Šiame projekte keletas tvermės vertinimo priemonių, grindžiamų pavyzdžių tyrimais, buvo palygintos su tvermės vertinimo, grindžiamo pastatų vertinimo priemonėmis, darninimu su visuotiniu taikymu. Kitas lyginamasis skaičiavimas, naudojant aplinkosaugines užstatytos aplinkos vertinimo priemones, pateikiamas šiuose šaltiniuose: Jönsson (2000), Forsberg, von Malmborg (2004).

Kaip minėta, šiame dokumente dėmesys telkiamas į tvermės vertinimą (LCA) ir ypač į jo taikymą plieninėms konstrukcijoms. Tolesniuose poskyriuose supažindinama su normine tvermės vertinimo (LCA) sistema. Pateikti tarptautiniai standartai ISO 14040 (2006) ir ISO 14044 (2006), nustatantys pagrindinę tvermės vertinimo sistemą, taip pat ir nauji Europos standartai, skirti statinių tvermei. Pažymėtina, kad pirmieji skirti bendrajam taikymui, o Europos standartai skirti pastatams ir kitiems statiniams vertinti.

2.3. NORMINĖ TVERMĖS VERTINIMO SISTEMA

Tarptautiniuose standartuose ISO 14040 (2006) ir 14044 (2006) nuodugniai apibūdinta pagrindinė sistema, principai ir reikalavimai, kaip atlikti tvermės vertinimo tyrimus ir pateikti ataskaitą. Remiantis šiais standartais, tvermės vertinimas – tai tikslų ir apimtį apibrėžimas, aprašomoji analizė, poveikių vertinimas ir rezultatų aiškinimas. Kaip pateikta 2.2 pav., įvairūs aspektai yra tarpusavyje susiję, kartais kartotiniai veiksmai būtini norint pasiekti tyrimo tikslus bei įvykdyti uždavinius. Įvairūs tarpiniai detalizuoti tolesniuose poskyriuose.



2.2 pav. Bendroji tvermės vertinimo (LCA) sistema (ISO 14044:2006)

2.3.1. Tikslo apibrėžimas ir apimtis

Siekiant atlikti tvermės vertinamąjį tyrimą, turi būti aiškiai nurodytas taikymo pobūdis, priežastys atlikti tyrimą ir tikslinė auditorija, t. y. kam tyrimo rezultatus ketinama perduoti.

Atliekant vertinamąjį tvermės tyrimą pagrindiniai klausimai, kuriuos būtina aiškiai apibūdinti, yra funkcinis vienetas ir sistemos ribos.

2.3.1.1. Funkcija ir funkcinis vienetas

Tvermės vertinamasis tyrimas turi aiškiai apibrėžti tirtinos sistemos funkcijas. Funkcinis vienetas yra gaminio sistemos funkcinį išvesčių atlikimo matas.

Svarbiausias funkcinio vieneto tikslas – pateikti informaciją, su kuria įvestys ir išvestys yra susijusios. Ši informacija būtina, siekiant užtikrinti tvermės vertinimo rezultatų palyginamumą. Rezultatų palyginamumas yra iš dalies svarbus, kai skirtingos sistemos vertinamos siekiant užtikrinti, kad tokie lyginimai atliekami bendrais pagrindais.

2.3.1.2. Sistemos ribos

Sistemos ribos nustato, koks vieneto vyksmas turi būti įtrauktas į tvermės vertinimą (LCA). Medžiagos tvermės vertinimas apima visus tarpsnius nuo žaliavos medžiagų gamybos iki gyvavimo pabaigos (2.3 pav.).



2.3 pav. Medžiagos tvermės vertinimo tarpsniai

Kai tvermės vertinimas apima tik pradinį medžiagų gamybos tarpsnį, tvermės vertinimas (LCA) vadinamas analize nuo lopšio iki išėjimo. Jei imamasi viso ciklo (nuo žaliavos gamybos iki gyvavimo pabaigos), analizė vadinama analize nuo lopšio iki kapo. Kai gyvavimo pabaigoje taikomi atnaujinimo procesai ir antrinės medžiagos leidžia išvengti naujų medžiagų gamybos, analizė dažnai vadinama analize nuo lopšio iki lopšio.

Keletas veiksnių apibrėžia sistemos ribas, įskaitant numatytą tyrimo taikymą, padarytas prielaidas, galutinės ribos kriterijus, duomenų ir kainos apribojimus bei numatomą auditoriją.

Įvesčių ir išvesčių pasirinkimas, duomenų sukaupimo lygis pagal kategoriją ir sistemos modeliavimas turi būti formuojami tokiu būdu, kad įvestys ir išvestys ties jų ribomis būtų elementarūs srautai.

2.3.1.3. Duomenų kokybės reikalavimai

Norint pasiekti analizės tikslus ir apimtį, reikalavimai nurodyti standarte ISO 14044:

- nuo laiko priklausanti aprėptis: duomenų amžius ir mažiausia trukmė, per kurią duomenys turi būti surinkti;
- geografinė aprėptis: geografinė sritis, iš kurios duomenys vienetiniams procesams turi būti surinkti;
- technologinė aprėptis: savita technologija arba technologijų rinkinys;
- tikslumas: duomenų reikšmių kintamumo matavimas kiekvienam iš išreikštų duomenų (t. y. sklaida);
- užbaigtumas: procentinis srauto dydis, kuris yra išmatuotas arba nustatytas;
- atstovavimas: kokybinis laipsnis, iki kurio duomenų sąranka atspindi tiesą, įvertinimas;
- darna: kokybinis įvertinimas, ar tyrimo būdai taikomi vienodai visur;
- atkuriamumas: kokybinis apimtys, iki kurios informacija apie metodiką ir duomenų reikšmes leistų nepriklausomam praktikui atkurti tyrime paskelbtus rezultatus, įvertinimas;
- informacijos neapibrėžtumai (t. y. duomenys, modeliai ir prielaidos).

2.3.2. Tvermės aprašo nagrinėjimas

Aprašo nagrinėjimas apima duomenų sąranką ir skaičiavimų tvarką, siekiant kiekybiškai įvertinti atitinkamas gaminių sistemos įvestis ir išvestis. Jos gali apimti išteklių naudojimą ir su sistema siejamus oro, vandens ir žemės perdavimus.

Kokybiniai ir kiekybiniai duomenys, kuriuos reikia įtraukti į aprašą, turi būti surinkti kiekvienam vienetiniam procesui, kuris yra sistemoje.

Duomenų surinkimas gali būti imlus procesas. Į praktinius duomenų surinkimo apribojimus turi būti atsižvelgta ir jie turi būti dokumentuoti tyrimo ataskaitoje.

2.3.3. Tvermės poveikio vertinimas

2.3.3.1. Bendrasis skaičiavimo būdas

Tvermės poveikio įvertinimo tarpsniu siekiama nustatyti galimų aplinkos poveikių reikšmingumą naudojant tvermės aprašo analizės rezultatus. Šis vyksmas apima prisijungiamus aprašo duomenis su savitais aplinkos poveikiais ir susideda iš dviejų dalių:

- būtinieji elementai: klasifikavimas ir apibūdinimas;
- laisvai pasirenkamieji elementai: normalizavimas, vertinimas, grupavimas ir svėrimas.

Klasifikavimas apima ankstesnį atitinkamų poveikių kategorijų pagal tyrimo tikslą pasirinkimą ir tvermės vertinimo rezultatų paskirstymą į pasirinktas poveikių kategorijas. Apibūdinimo veiksniai tuomet naudojami perteikiant tvermės vertinimo santykinę įtaką poveikio kategorijos rodiklio rezultatui. Pagal šį būdą poveikio kategorijos yra tiesinės funkcijos, t. y. apibūdinimo veiksniai nepriklauso nuo aplinkos poveikio dydžio, kaip tai pateikta (2.1) išraiškoje:

$$impact_{cat} = \sum_i m_i \times charact_factor_{cat,i}, \quad (2.1)$$

čia m_i – aprašomo srauto i masė; $charact_factor_{cat,i}$ – poveikio kategorijos aprašomo i srauto apibūdinimo veiksnys.

Atsižvelgiant į laisvai pasirenkamus tvermės vertinimo (LCA) žingsnius, paprastai būtina atlikti normalizavimą, norint parodyti, į ką išplinta poveikio kategorija, daranti reikšmingą įtaką bendram aplinkos poveikiui. Apkrovimo tarpsniu sunormuoti indikatorių rezultatai kiekvienai poveikio kategorijai priskiriami prie skaitinių veiksnių pagal jų sąlyginę svarbą. Apkrovimas daugiau pagrįstas reikšmių pasirinkimu nei gamtos mokslais, todėl ISO 14044 standarte daromas skirtumas tarp vidinio ir išorinio taikymo, ir jeigu rezultatus ketinama palyginti bei pateikti viešai, apkrovimas neturėtų būti naudojamas.

Grupavimas yra kitas laisvai pasirenkamas tvermės vertinimo tarpsnis, kuriame poveikio kategorijos sukauptos į vieną ar daugiau grupių. Šiuo atveju pagal ISO 14044 gali būti taikomos dvi galimos atlikimo metodikos: kategorijos rodiklių rūšiavimas įprastiniu pagrindu ir kategorijos rodiklių vertinimas pagal vietą skalėje.

Šiame dokumente susitelkiama į privalomus tvermės vertinimo žingsnius, todėl minėti neprivalomi elementai čia daugiau nenagrinėjami.

2.3.3.2. Galimų aplinkos poveikių skaičiavimas

Pažymėtina, kad tvermės vertinimo tikslas – įvertinti galimus aplinkos poveikius, susijusius su nustatytomis įvestimis ir perdavimais. Toliau trumpas įvadas į bendriausias aplinkos kategorijas, vertinant tvermę, pateiktas kartu su atitinkamu skaičiavimo būdu.

2.3.3.2.1. Pasaulinio atšilimo potencialas (GWP)

Šiltnamio reiškiny, parodytas 2.4 pav., priklauso nuo infraraudonųjų aktyvių dujų (t. y. H_2O , CO_2 ir O_3). Jos natūraliai yra Žemės atmosferoje, sugeriančioje Žemės (infraraudonąją) energiją (arba radiaciją), palikdamos Žemę atspindi šios šilumos dalį, taip padėdamos sušildyti paviršių ir apatinius atmosferos sluoksnius.

Šių dujų, taip pat žinomų kaip šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų (GHG), koncentracija didėja nuo pramoninio laikotarpio pradžios ir viršija natūralų Žemės šiltnamio reiškinio poveikį, sukeldama temperatūros kilimą ant Žemės paviršiaus ir skatindama rūpintis galimais kylančiais klimato pokyčiais.



2.4 pav. Visuotinis atšilimas (EPS 2009)

Ne visos šiltnamio reiškinių sukėiančios dujos yra panašios. CO₂ – labiausiai pasklidusios šiltnamio reiškinių sukėiančios dujos, bet yra daug kitų dujų, kurios prisideda prie klimato pokyčių taip pat kaip CO₂. Skirtingų šiltnamio reiškinių sukėiančių dujų poveikis pateikiamas naudojant visuotinio atšilimo potencialą (GWP).

Visuotinio atšilimo potencialas (GWP) yra santykinis CO₂ kiekio, kurį reikėtų išlaisvinti, matas, norint turėti tokį patį radiacinį priverstinį poveikį, kaip 1 kg šiltnamio reiškinių sukėiančių dujų, išskiriamų per tam tikrą laiko tarpą. Todėl visuotinio atšilimo potencialas yra galimo tam tikrų dujų poveikio pasauliniam atšilimui išraiškos skaičiais būdas.

Visuotinio atšilimo potencialus apskaičiavo Tarpvyriausybinė ekspertų grupė dėl klimato kaitos (IPCC 2007) pagal tris 20, 100 ir 500 metų laiko lygmenis. 2.1 lentelėje pateikti duomenys apie tris svarbiausias šiltnamio reiškinių sukėiančias dujas ir tris laiko lygmenis.

2.1 lentelė. Visuotinio atšilimo potencialai (GWPs) duotais laiko lygmenimis (kg CO₂ ekv./kg) (IPCC 2007)

	20 metų	100 metų	500 metų
Anglies dvideginis (CO ₂)	1	1	1
Metanas (CH ₄)	62	25	7
Azoto oksidas (N ₂ O)	275	298	156

Vadinasi, pagal (2.2) išraišką, rodiklis „Visuotinis atšilimas“ nustatomas taip:

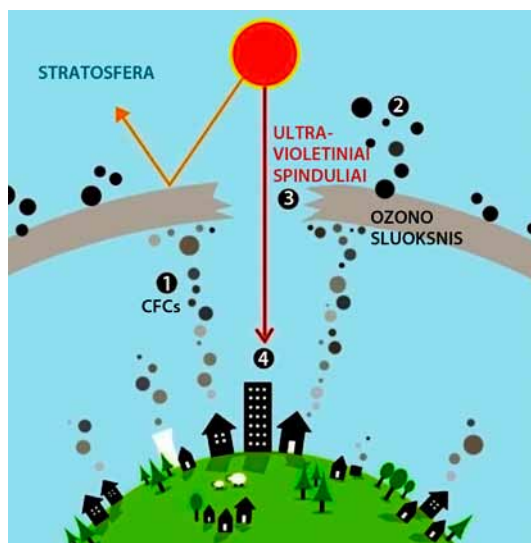
$$\text{Visuotinis atšilimas} = \sum_i \text{GWP}_i \times m_i, \quad (2.2)$$

čia m_i – išskirtosios medžiagos i masė, kg. Šis rodiklis išreikštas CO₂ ekvivalentų kg.

Taikant šį būdą svarstytas tiksliai 100 metų laiko lygmuo.

2.3.3.2.2. Ozono išekvojimo potencialas (ODP)

Ozoną išekvojančios dujos pakenkia stratosferos ozonui arba ozono sluoksniui, išlaisvindamos laisvųjų radikalų molekules, kurios suardo ozoną (O₃).



2.5 pav. Ozono išsekvojimas (BlendSpace 2013)

Pakenkus ozono sluoksniui, sumažėja jo geba neleisti ultravioletiniams spinduliams (UV) įeiti į žemės atmosferą, didinant į žemės paviršių pakliūvančių kancerogeninių UV spindulių kiekį.

Tai sukelia tokių žmonių sveikatos problemų, kaip katarakta arba odos vėžys, didėja su saule susijusi žala, padaroma gyvūnams ir pasėliams.

Pagrindinės ozono sluoksnį ploninančios dujos yra chlorfluorangliavandeniliai (CFCs), hidrochlorfluorangliavandeniliai (HCFCs) ir halonai.

Didėjantis nerimas nuo 1980 m. vienija viso pasaulio pastangas pažaboti ozono sluoksnio ardymą. Šios pastangos apibendrintos Monrealio protokole, kuriame uždraustos daugelis stipriai veikiančių dujų, ploninančių ozono sluoksnį.

Ozono plonėjimo potencialas išreiškiamas kaip bendra ozono kaip medžiagos netektis, palyginta su bendra ozono netektimi pagal etaloninę medžiagą CFC-11. Tai duoda ozono plonėjimo potencialui (ODP) etaloninę chlorfluorangliavandenilių-11 (CFC-11) kg ekvivalento matą. Apibūdinamąjį modelį sukūrė Pasaulinė meteorologijos organizacija (WMO). Juo apibrėžiamas įvairių dujų ozono plonėjimo potencialas. Ozono plonėjimo potencialai, būdami pastovūs pasirinktoms medžiagoms, pateikti 2.2 lentelėje (Heijungs *et al.* 1999).

2.2 lentelė. Kai kurių medžiagų ODPs, kg CFC-11 ekv./kg (Heijungs *et al.* 1999)

	Pastovūs (t ≈:)
CFC-11	1
CFC-10	1,2
Halonas 1211	6,0
Halonas 1301	12,0

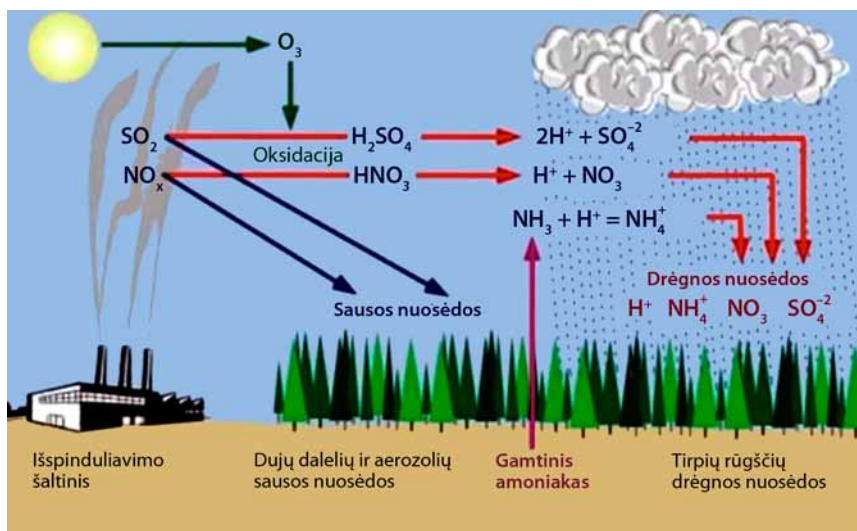
Ozono sluoksnio plonėjimo rodiklis nustatomas taip:

$$\text{Ozono sluoksnio plonėjimas} = \sum_i \text{ODP}_i \times m_i, \quad (2.3)$$

čia m_i – išsiskyrusios i medžiagos masė, kg. Šis rodiklis išreiškiamas CFC-11 ekvivalentų kg.

2.3.3.2.3. Rūgštėjimo potencialas (AP)

Rūgštėjimas yra vyksmas, kuriame oro teršalai (daugiausia amoniakas (NH_3), sieros dioksidas (SO_2) ir azoto oksidai (NO_x)) yra pavirtę rūgščiomis medžiagomis (2.6 pav.). Atmosferoje pasklidę rūgštūs mišiniai, genami vėjo, nusėda kaip rūgščios dalelės, rūgštus lietus arba sniegas. Kai tokie lietūs lyja dažnai, net gana toli nuo pirminio dujų šaltinio, jie sukelia įvairaus laipsnio ekosistemos pakenkimą, priklausantį nuo gamtovaizdžio ekosistemų prigimties.



2.6 pav. Rūgštėjimo potencialas (The energy library 2013)

Rūgštėjimo potencialas matuojamas remiantis medžiagos geba išlaisvinti H^+ jonus, kurie yra rūgštėjimo priežastis. Jis gali būti išmatuotas ir pagal SO_2 ekvivalentinį išsiskyrimą.

Šiame darbe priimti apibūdinamieji veiksniai pagrįsti modeliu „lietūs – tvėrmės vertinimas“ (RAINS-LCA). Vidutiniai Europos apibūdinamieji rūgštėjimo veiksniai pateikti 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Rūgštėjimo potencialai (AP), kg SO_2 ekv. (Huijbregts 2001)

	Amoniakas (NH_3)	Azoto oksidai (NO_x)	Sieros dioksidas (SO_2)
AP_i	1,60	0,50	1,20

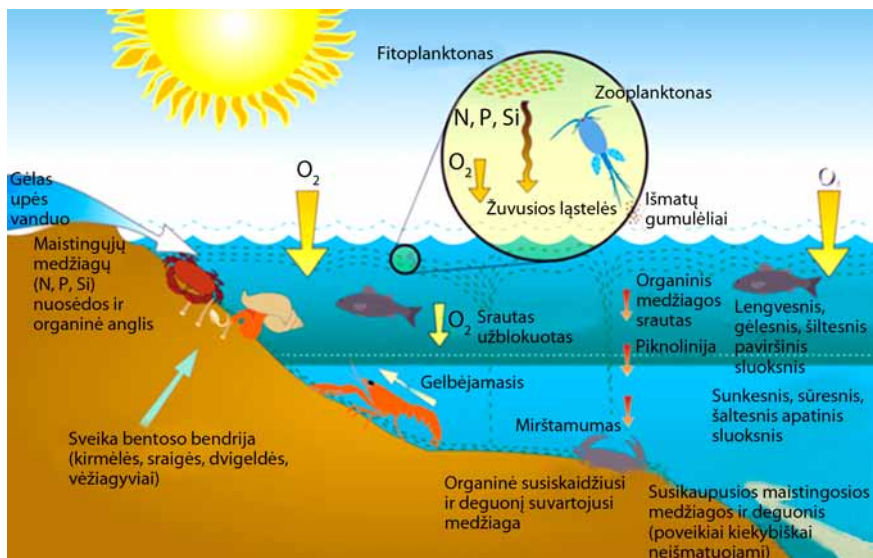
Rūgštėjimo rodiklis nustatomas taip:

$$\text{Rūgštėjimas} = \sum_i AP_i \times m_i, \quad (2.4)$$

čia m_i – išsiskiriančios i medžiagos masė, kg. Šis rodiklis išreiškiamas SO_2 ekvivalentų kg.

2.3.3.2.4. Eutrofikacijos potencialas (EP)

Maistingosiomis medžiagomis, tokiomis kaip nitratai ir fosfatai, paprastai patrešiamas gruntas, tuo skatinant augalų ir žemės ūkio produkcijos augimą. Šios maistingosios medžiagos yra svarbios gyvybei, bet kai jos atsiduria jautriame natūraliame vandenyje arba žemės plotoose, toks trąšų perteklius gali paskatinti augalų arba dumblių perprodukciją, kuri savo ruožtu gali uždusinti kitus organizmus – jie žūva arba pradeda pūti. Todėl eutrofikacija, arba perpildymas maistingosiomis medžiagomis (2.7 pav.), gali būti klasifikuojamas kaip vandens persodrinimas. Tokio vandens paplitimas gali pakenkti ekosistemoms, padidinti vandens gyvūnų ir augalų mirštamumą ir sunaikinti rūšis, gyvenančias mažai maistingoje



2.7 pav. Eutrofikacijos potencialas (Wikipedia 2013a)

aplinkoje. Dėl to šios aplinkos biologinė įvairovė gali visuotinai sumažėti ir padaryti triuškinamą poveikį ne vandens gyvūnams ir žmonėms, kurie priklauso nuo šių ekosistemų.

Eutrofikacija matuojama naudojant azoto arba fosfato ekvivalentų kg etaloninius matus. Tai lygio, iki kurio vandenyje esanti medžiaga sukelia dumblių dauginimąsi su azotu ir fosfatu kaip etaloninėmis medžiagomis, matavimas.

Pagrindiniai eutrofikacijos veiksniai yra azoto junginiai, tokie kaip nitratai, amoniakas, azoto rūgštis ir fosforo junginiai, įskaitant fosfatus ir fosforo rūgštį.

Imant fosfatą kaip etaloninę medžiagą, apibūdinamieji pasirinktų medžiagų veiksniai pateikti 2.4 lentelėje (Heijungs *et al.* 1999).

2.4 lentelė. Eutrofikacijos potencialai (kg ekv.) (Heijungs *et al.* 1999)

	Amoniakas (NH ₃)	Azoto oksidas (NO _x)	Nitratas (N)	Fosfatas (P)
EP_i	0,35	0,13	0,10	1,00

Eutrofikacijos rodiklis randamas taip:

$$Eutrofikacija = \sum_i EP_i \times m_i, \quad (2.5)$$

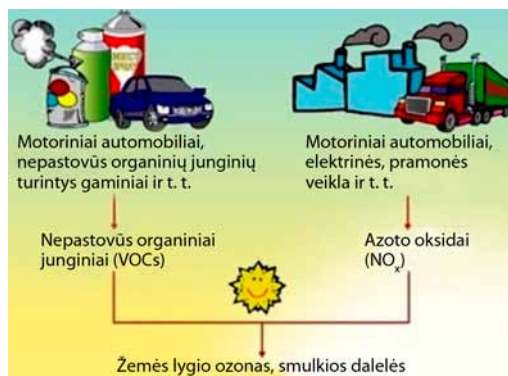
čia m_i (kg) – ore, vandenyje ir grunte pasklidusios i medžiagos masė. Šis rodiklis išreiškiamas PO_4^{3-} ekvivalentų kg.

2.3.3.2.5. Fotocheminis ozono junginio potencialas (POCP)

Atmosferoje esantys azoto oksidai (NO_x), bendrieji teršalai ir nepastovūs organiniai junginiai (VOCs), ozonas ir kiti oro teršalai gali atsirasti šviečiant saulei. Nors ozonas yra svarbus aukštuose atmosferos sluoksniuose, saugo nuo ultravioletinės (UV) spinduliuotės, žemųjų sluoksnių ozonas veikia įvairiai – kaip pasėlių kenkėjas, astmos ir kitų kvėpavimo takų ligų sukėlėjas.

Aukštų lygių fotocheminio ozono junginio potencialo (POCP) poveikis ryškus esant vasaros smogams, matomiems virš tokių didžiųjų miestų, kaip Los Andželas ar Pekinas.

Pagrindinis išskiriamų azoto oksidų (NO_x) šaltinis – deginamas kuras, o nepastovius organinius junginius (VOCs) paprastai išskiria tirpikliai, plačiai naudojami dažuose ir dangose.



2.8 pav. Fotocheminis ozono junginio potencialas (EPD 2013)

Fotocheminio ozono junginio potencialo (POCP) poveikio klasė yra medžiagos pakankamos gebos pagaminti ozoną, esant azoto oksidams (NO_x) ir saulės šviesai, matas. Fotocheminio ozono junginio potencialas (POCP) išreiškiamas etalonine medžiaga – etilenu. Fotocheminio ozono junginio potencialą (POCP) apibūdinantys veiksniai buvo sukurti naudojant Jungtinių Tautų Ekonomikos Komisijos Europai (UNECE) trajektorijos modelį.

Šie potencialai buvo apskaičiuoti dviem veiksmų planams (Heijungs *et al.* 1999):

- planui su palyginti didele natūralia azoto oksidų (NO_x) koncentracija;
- planui su palyginti maža natūralia azoto oksidų (NO_x) koncentracija.

Šie du kai kurių pasirinktų medžiagų veiksniai pateikti 1.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Skirtingų azoto oksidų (NO_x) koncentracijų ir kai kurių medžiagų fotocheminio ozono junginio potencialai (POCPs) ($\text{kg C}_2\text{H}_4$ ekv./kg) (Heijungs *et al.* 1999)

	Didelė NO_x POCPs	Maža NO_x POCPs
Acetaldehidas (CH_3CHO)	0,641	0,200
Butanas (C_4H_{10})	0,352	0,500
Anglies monoksidas (CO)	0,027	0,040
Acetilenas (C_2H_2)	0,085	0,400
Metanas (CH_4)	0,006	0,007
Azoto oksidas (NO_x)	0,028	Nėra duomenų
Propanas (C_3H_8)	1,123	0,600
Sieros oksidas (SO_x)	0,048	Nėra duomenų
Toluenas ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)	0,637	0,500

Fotooksidacinio darinio rodiklis nustatomas taip:

$$\text{Fotooksidacinis darinys} = \sum_i \text{POCP}_i \times m_i, \quad (2.6)$$

čia m_i – išsiskyrusios i medžiagos masė, kg. Šis rodiklis išreiškiamas acetileno (C_2H_4) ekvivalentų kg.

Pasirinktu būdu buvo nagrinėti tikrai apibūdinamieji veiksniai, susiję su didele azoto oksidų (NO_x) koncentracija.

2.3.3.2.6. Abiotinio išekvojimo potencialas

Abiotinio išekvojimo rodikliais fiksuojamas neatsinaujinančių išteklių mažėjimas dėl jų gavybos ir esminio stygiaus.



2.9 pav. Abiotinio išekvojimo potencialas (Wikipedia 2013b)

2.6 lentelė. Kai kurių elementų abiotinio išekvojimo potencialai (Sb ekv./kg) (Guinée *et al.* 2002)

Atsarga	ADP elementui
Aliuminis	1,09E-09
Kadmis	1,57E-01
Varis	1,37E-03
Geležis	5,24E-08
Švinas	6,34E-03

Čia pristatomos dvi rodiklių rūšys:

- abiotinio išekvojimo elementai, nukreipiami į retų elementų gavybą (ir juos pačius);
- abiotinio išekvojimo energija/iškastinis kuras, nukreipiamas naudoti iškastinį kurą kaip kurą arba pramoninę žaliavą.

Abiotinio išekvojimo potencialas (ADP_{elements}) nustatomas kiekvienam elementų gavybos atvejui, atsižvelgiant į likusias atsargas ir gavybos lygį. ADP grindžiamas gamybos / ribinių atsargų lygtimi, kuri lyginama su etaloniniu atveju – stibiu (Sb) (Guinée *et al.* 2002). Skirtingomis ekonominėmis arba ribinių atsargų priemonėmis vertinama žemės pluta.

Todėl i atsargos (ADP_i) abiotinio išekvojimo potencialas (elementams) pateikiamas kaip santykis tarp išgautų išteklių kiekio ir jų atnaujinamų atsargų, išreikštų etaloninių atsargų – stibio – kg. Kai kurių pasirinktų atsargų apibūdinamieji veiksniai pateikti 2.6 lentelėje.

Taigi abiotinio išekvojimo rodiklis nustatomas taip:

$$\text{Abiotinis išekvojimas} = \sum_i ADP_i \times m_i, \quad (2.7)$$

čia m_i – išgautų i atsargų kiekis, kg. Šis rodiklis išreiškiamas stibio (etaloninė atsarga) kg.

Iškastinis kuras pradžioje buvo nustatomas tokiu pat būdu, bet nuo 2010 m. jis skaičiuojamas šiek tiek kitaip. Šiuo atveju svarstomas absoliutinis matas, pagrįstas iškastinio kuro energine verte (Guinée *et al.* 2002). Čia neatsižvelgiama į įvairaus iškastinio kuro trūkumą, nes iškastinis kuras yra lengvai pakeičiamos atsargos. Iš tikrųjų skirtumas tarp anglių (labiausiai paplitusių) ir dujų (kurių labiausiai trūksta) sudaro tik 17 %. Abiotinio išekvojimo iškastinio kuro rodiklis išreiškiamas MJ.

2.3.4. Tvermės aiškinimas

Aiškinimas yra paskutinis tvermės vertinimo tarpsnis, kurio metu aprašo analizės ir poveikio vertinimo rezultatai derinami kartu. Pagrindinis šio tarpsnio tikslas – parengti išvadas, kurios gali būti padarytos remiantis tvermės vertinimo rezultatais. Be to, ankstesnių tvermės vertinimo tarpsnių rezultatai ir parinkty turi būti analizuojami, t. y. prielaidos, modeliai, rodikliai ir duomenys, naudoti vertinant tvermę, turi būti suderinti su tyrimo tikslu ir apimtimi.

2.3.5. Aiškinamasis pavyzdys

Siekiant iliustruoti tvermės vertinimo, aptarto anksčiau, žingsnius, toliau pateikiamas nedidelis pavyzdys.

Tarus, kad, norint pagaminti 1 kg universalios izoliacinės medžiagos, išsiskyrė tam tikras medžiagų kiekis (2.7 lentelė).

Tuomet kitame poveikio vertinimo tarpsnyje pasirinktos aplinkos kategorijos yra tokios:

- visuotinis atšilimo potencialas (GWP);
- rūgštėjimo potencialas (AP);
- eutrofikacijos potencialas (EP).

Kiekvienos išskirtos medžiagos apibūdinamieji veiksniai pagal aplinkos kategorijas pateikti 2.8 lentelėje.

Taigi, kiekvienos aplinkos kategorijos rezultatai gauti padauginus kiekvienos išskirtos medžiagos vertę su atitinkamu apibūdinamuoju veiksniu (t. y. $GWP: 0,12 \times 1,53 + 0,60 \times 1,00 + 0,05 \times 23 = 1,93$ kg CO₂ ekv.). Rezultatai pateikti 2.9 lentelėje.

2.4. PASTATŲ TVERMĖS VERTINIMO EUROPOS STANDARTAI

2.4.1. CEN TC350

Europos standartizacijos komitetui (CEN) 2004 m. buvo suteiktas mandatas sukurti horizontaliuosius standartizuotus būdus įvertinti pastatų bendrąją elgseną aplinkoje.

CEN TC350 išplėtė šį mandatą į ilgalaikį ir pasirinko tvermės uždavinį kaip viso vertinimo pagrindą. Technikos komitetas rengia standartus, technines ataskaitas ir technines sąlygas, norėdamas pateikti pastatų tvermės vertinimo metodologiją ir rodiklius.

Pastatų tvermės įvertinimo norminė sistema, pateikta daugelyje CEN TC350 standartų, apima aplinkos, ekonominius ir socialinius aspektus (EN 15643-1, 2010), kaip parodyta 2.10 pav.

Kaip matyti iš 2.10 pav., technikos komitetas dirba keturiais lygmenimis (konceptija/sistema/pastatas/gaminys) ir pagal penkis elgsenos (aplinkos/ socialinės/ekonominės/techninės/funkcinės) tipus. Aplinkos vertinimas yra pažangiausias standartų, taikomų pastato ir gaminio lygmeniui vertinti, aspektas.

2.7 lentelė. Išsiskyrusių medžiagų kiekis, gautas pagaminus 1 kg izoliacinės medžiagos

Emisija	Reikšmė, kg
Anglies monoksidas (CO)	0,12
Anglies dioksidas (CO ₂)	0,60
Amoniakas (NH ₃)	0,01
Metanas (CH ₄)	0,05
Azoto oksidas (NO _x)	1,02
Fosforas (P)	0,35
Sieros dioksidas (SO ₂)	0,10

2.8 lentelė. Apibūdinamieji veiksniai pagal pasirinktas aplinkos kategorijas

	GWP (kg CO ₂ ekv.)	AP (kg SO ₂ ekv.)	EP (kg PO ₄ ekv.)
Anglies viendeginis (CO)	1,53	–	–
Anglies dioksidas (CO ₂)	1,00	–	–
Amoniakas (NH ₃)	–	1,60	0,35
Metanas (CH ₄)	25,00	–	–
Azoto oksidai (NO _x)	–	0,50	0,13
Fosforas (P)	–	–	3,06
Sieros dioksidas (SO ₂)	–	1,20	–

2.9 lentelė. Pasirinktų aplinkos rodiklių galutiniai rezultatai

GWP (kg CO ₂ ekv.)	AP (kg SO ₂ ekv.)	EP (kg PO ₄ - ekv.)
1,93	0,65	1,21

Sprendimo lygmuo	Vartotojas ir priežiūros reikalavimai				
	Bendras pastato apibūdinimas				
	Aplinkos apibūdinimas	Socialinis apibūdinimas	Ekonominis apibūdinimas	Techninis apibūdinimas	Naudingumo apibūdinimas
Sistemos lygmuo	EN 15643-1 Pastatų tvermės vertinimas – pagrindinė sistema			Techniniai rodikliai	Naudingumas
	EN 15643-2 Aplinkos apibūdinimo sistema	EN 15643-2 Socialinio apibūdinimo sistema	EN 15643-4 Ekonominio apibūdinimo sistema		
Pastato lygmuo	EN 15978 Aplinkos apibūdinimo vertinimas	EN 16309 Socialinio apibūdinimo vertinimas	WI 017 Ekonominio apibūdinimo vertinimas		
	WI 003 EPDS naudojimas				
Gaminio lygmuo	EN 15804 Aplinkos gaminių deklaracijos	Žr. pastabą žemiau	Žr. pastabą žemiau		
	EN 15942 Bendras formatas nuo B iki B CEN / TR 15941	PASTABA. Šiuo metu techninė informacija, susijusi su kai kuriais socialinio ir ekonominio apibūdinimo aspektais, yra naudojama pagal EN 15804 nuostatas, kad suformuotų aplinkos gaminių deklaracijos (EPD) dalį.			

2.10 pav. CEN TC350 darbo programa (EN 15643-1 2010)

Šiame projekte pasirinktas tvermės aplinkosauginis būdas grindžiamas dviem standartais, kuriuose vertinami poveikiai pastatų aplinkai: EN 15978 (2011) ir EN 15804 (2012), atitinkamai pastatų ir medžiagų lygmenims.

2.4.2. Pastato lygmuo (EN 15978)

EN 15978 (2011) pateikiamos skaičiavimo taisyklės, kaip vertinti naujų ir esamų pastatų elgseną aplinkoje remiantis tvermės būdu. Jis skirtas sprendimams priimti ir pastatų elgsenos aplinkoje vertinimo dokumentavimui pagrįsti.

Standarte pateikiama išsami informacija apie metodologiją, o šiame skirsnyje apžvelgiami tokie pagrindiniai aspektai: funkcinis ekvivalentas, tvermės tarpiniai ir aplinkos rodikliai.

2.4.2.1. Funkcinis ekvivalentas

Funkcinis ekvivalentas standarte nustatomas kaip „skaičiais išreikšti funkciniai ir (arba) techniniai reikalavimai, keliami pastatui arba surinktai sistemai (darbų daliai), naudotini kaip palyginimų pagrindas“. Taigi pastatų ar sistemų palyginimas bus priimtinas tik tai tuomet, jei numatytos funkcijos yra tos pačios. Į pastato funkcinį ekvivalentą turi būti įtraukti bent jau tokie aspektai:

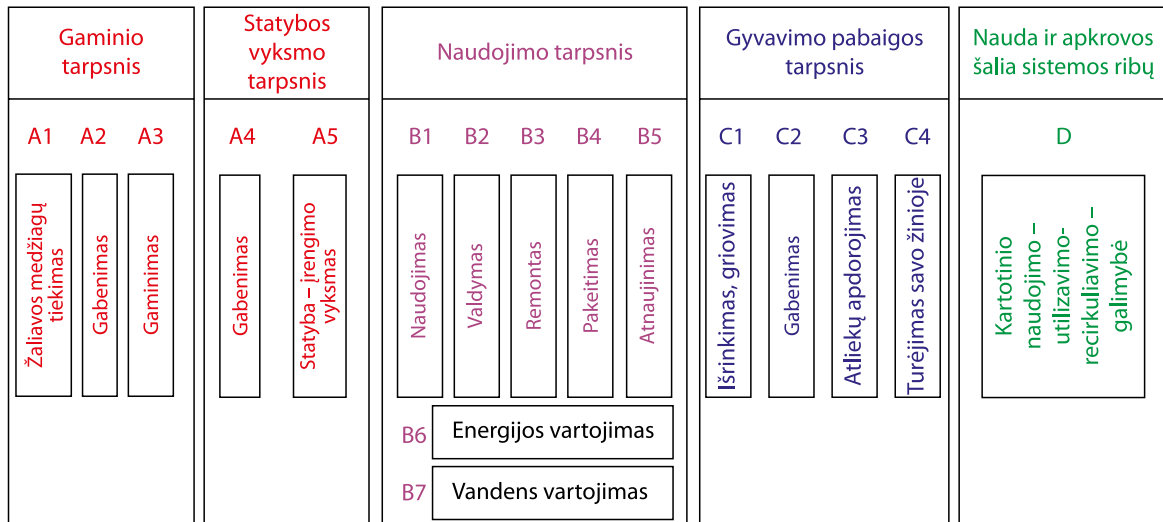
- pastato tipologija (t. y. gyvenamasis namas, biurų pastatas ir t. t.);
- naudojimo modelis;
- atitinkami techniniai ir funkciniai reikalavimai;
- reikalinga naudojimo trukmė.

2.4.2.2. Tvermės tarpniai

Sistemos ribos nustato tvermės analizės apimtį, t. y. tuos vyksmus, į kuriuos atsižvelgiama analizuojant. Kaip nurodyta standarte, aplinkos vertinimas apima visus palankius ir nepalankius vyksmus, padedančius sukurti ir naudoti pastato funkcijas.

Žinoma, informacija, susijusi su gaminiais, įtrauktais į pastatą, reikalinga norint įvertinti aplinkos elgseną pastato lygmeniu. Ši informacija turi būti išsami ir turi atitikti kategorijos taisykles, nurodytas EN 15804 (žr. kitą poskyrį).

Šiame standarte pastato tvermė pristatoma moduline koncepcija, kaip parodyta 2.11 pav.



2.11 pav. Pastato tvermės moduliai (EN 15978 2011)

Gaminių tarpsnis apima modulius nuo A1 iki A3, statybos tarpsnis – A4 ir A5 modulius, naudojimo tarpsnis – nuo B1 iki B7 modulius, gyvavimo pabaigos tarpsnis – nuo C1 iki C4 modulius ir modulį D, kuris apima naudą ir apkrovas už sistemos ribų. Toliau pateikti trumpas kiekvieno tarpsnio apibūdinimas ir atitinkami moduliai.

2.4.2.2.1. Gaminio tarpsnis

Gaminio tarpsnis apima nuo A1 iki A3 informacinius modulius. Sistemos riba su gamta nustatyta taip, kad apimtų tuos procesus, kurie medžiagą ir energiją įtraukia į sistemą, gaminimą ir gabenimą iki pat gamyklos vartų, taip pat ir bet kokių atliekų, atsirandančių dėl šių procesų, apdorojimą. Šis tarpsnis apima:

- A1 – žaliavų gavybą ir apdorojimą; gaminių arba medžiagų iš ankstesnės gaminių sistemos kartotinį naudojimą; antrinių medžiagų, naudotų kaip gaminio gaminto priedas, apdorojimą;
- A2 – gabenimą iki gamyklos vartų ir vidinį gabenimą;
- A3 – papildomų medžiagų gamybą, gaminių ir šalutinių gaminių gaminimą, pakuotės gamybą.

2.4.2.2.2. statybos tarpsnis

Statybos tarpsnis apima tokius informacinius modulius:

- A4 – gabenimą nuo gamyklos vartų į statybos aikštelę;
- A5 – gaminio montavimas į pastatą, įskaitant papildomų medžiagų, bet kokios energijos ir vandens, reikalingų statybos aikštei įrengti arba jai veikti, gamybą ir gabenimą. Tai apima ir darbą statybos aikštelėje su gaminiu.

2.4.2.2.3. Naudojimo tarpsnis

Naudojimo tarpsnis apima du informacinių modulių tipus. Moduliai susiję su statybos gaminiais (B1–B5 moduliai) ir pastato naudojimu (B6–B7 moduliai):

- B1 – sumontuotų gaminių naudojimas bet kokios emisijos, kylančios iš normalaus (t. y. numatytojo) pastatų ir statinių sudedamųjų dalių naudojimo, į aplinką požiūriu;
- B2 – priežiūra apima visų per priežiūros laikotarpį numatytų techninių ir administracinių veiksmų derinį, skirtą išlaikyti pastate sumontuotą gaminį tokios būklės, kad jis galėtų atitikti savo funkcinę ir techninę paskirtį, taip pat išsaugoti estetinę gaminio kokybę;
- B3 – remontas apima visų numatytų per naudojimo laikotarpį techninių ir administracinių veiksmų derinį, siejamą su korekciniu, atsakomuoju arba reaguojamuoju pastate sumontuoto statybos gaminio arba jo dalies apdorojimu, padedančiu grąžinti jį į priimtinas sąlygas, kuriomis jis galėtų atitikti savo funkcinę ir techninę paskirtį;
- B4 – pakeitimas apima derinį visų per priežiūros laikotarpį numatytų techninių ir administracinių veiksmų, siejamų su statybos gaminio grąžinimu, pakeičiant visą statybos elementą, į sąlygas, kuriomis jis galėtų atitikti savo funkcinę ir techninę paskirtį;
- B5 – atnaujinimas apima derinį visų per priežiūros laikotarpį numatytų techninių ir administracinių veiksmų su gaminiu, siejamų su pastato grąžinimu į sąlygas, kuriomis jis galėtų atlikti savo funkcijas;
- B6 – energijos vartojimas, siekiant paveikti bendras technines pastato sistemas, kartu su jų aplinkos aspektais ir poveikiais, įskaitant bet kokių atliekų, atsirandančių aikštelėje naudojant energiją, apdorojimą ir išgabenimą;
- B7 – pastato bendrų techninių sistemų eksploatacinis vandens naudojimas kartu su aplinkos aspektais ir poveikiais, atsižvelgiant į vandens tvermę, įskaitant gamybą, gabenimą ir nuotekų apdorojimą.

2.4.2.2.4. Gyvavimo pabaigos tarpsnis

Pastato gyvavimo pabaigos tarpsnis apima visas išvestis, kurios yra pasiekusios atliekų tapimo gaminiu būklę, esančią pastato išmontavimo, iškonstravimo arba nugriovimo padariniu. Gyvavimo pabaigos tarpsnis apima tokius laisvai pasirenkamus informacinius modulius:

- C1 – gaminio iš pastato iškonstravimas, įskaitant išmontavimą ar nugriovimą, pradinį rūšiavimą medžiagų aikštelėje;
- C2 – nebereikalingų gaminių gabenimas, kaip dalies atliekų apdorojimas, t. y. į kartotinio naudojimo aikštelę, ir atliekų gabenimas, t. y. galutiniam išmetimui;
- C3 – atliekų apdorojimas, t. y. atliekų dalių surinkimas iškonstravus ir medžiagų gausybės atliekų apdorojimas, skirtas kartotinio naudojimui ir energijos susigrąžinimui;
- C4 – atliekų tvarkymas, įskaitant fizinį pradinį apdorojimą ir tvarkymo aikštelės valdymą.

2.4.2.2.5. Nauda ir apkrovos šalia gaminių sistemos ribų

Informacinis D modulis apima visą grynąją naudą ar apkrovą, esančias kartotinai naudotinų gaminių, medžiagų ir (arba) naudingų energijos nešiklių padariniu, paliekančių gaminių sistemą, pvz., antrinės medžiagos arba kuras.

2.4.2.3. Tvermės poveikio vertinimas

Tvermės poveikio vertinimo tarpsniui dvi aplinkos kategorijų rūšys svarstomos pagal EN 15978: aplinkos poveikius apibūdinantys rodikliai ir įvesčių bei išvesčių srautus apibūdinantys aplinkos rodikliai. Abi rodiklių rūšys apibūdintos toliau.

2.4.2.3.1. Aplinkos poveikius apibūdinantys rodikliai

Natūralios gamtos poveikiams apibūdinti pateikti šeši rodikliai (2.10 lentelė).

2.10 lentelė. Aplinkos poveikius apibūdinantys rodikliai (EN15978)

Rodikliai	Vienetai
Visuotinis atšilimo potencialas, GWP	kg CO ₂ ekv
Stratosferos ozono sluoksnio plonėjimo potencialas, ODP	kg CFC 11 ekv
Žemės ir vandens rūgštėjimo potencialas, AP	kg SO ₂ ⁻ ekv
Eutrofikacijos potencialas, EP	kg (PO ₄) ³⁻ ekv
Troposferos ozono fotocheminių oksidantų susidarymo potencialas, POCP	kg Etileno ekv
Elementų abiotinių išteklių išekvojimo potencialas, ADP_ elementų	kg Sb ekv
Išskatinio kuro abiotinių išteklių išekvojimo potencialas, ADP_ išskatinio kuro	MJ

Šie rodikliai jau buvo pateikti ankstesniuose skyriuose.

2.4.2.3.2. Įvesčių ir išvesčių srautus apibūdinantys rodikliai

Papildomi rodikliai reikalingi įvesčių ir išvesčių srautams apibūdinti. Tačiau rodikliai, apibūdinantys išteklių naudojimą, parodyti 2.11 lentelėje. Jie rodo atsinaujinančios ir neatsinaujinančios pradinės energijos ir vandens išteklių naudojimą. Rodikliai tiesiogiai apskaičiuojami remiantis tvermės rodikliais (LCI) įvesčių srautais.

2.11 lentelė. Rodikliai, apibūdinantys išteklių naudojimą (EN15978)

Rodiklis	Vienetas
Atsinaujinančios pirminės energijos, išskyrus energijos išteklius, naudotus kaip žaliava, vartojimas	MJ, neto kaloringumas
Atsinaujinančios pirminės energijos išteklių, naudotų kaip žaliava, vartojimas	MJ, neto kaloringumas
Neatsinaujinančios pirminės energijos, išskyrus energijos išteklius, naudotus kaip žaliava, vartojimas	MJ, neto kaloringumas
Neatsinaujinančios pirminės energijos išteklių, naudotų kaip žaliava, vartojimas	MJ, neto kaloringumas
Antrinės medžiagos naudojimas	kg
Atsinaujinančio antrinio kuro naudojimas	MJ
Neatsinaujinančio antrinio kuro naudojimas	MJ
Gryno šviežio vandens naudojimas	m ³

Tiesiogiai pagrįsti tvermės rodiklių (LCI) įvesčių srautais yra rodikliai, apibūdinantys atliekų kategorijas ir išvesčių srautus. Pirmieji parodyti 2.12 lentelėje, kiti – 2.13 lentelėje. Be to, kiekybiniam šių rodiklių nustatymui sukurtas atitinkamų vyksmų ir tarpinių veiksmų planas.

2.12 lentelė. Atliekų kategorijas apibūdinantys rodikliai (EN15978)

Rodiklis	Vienetas
Turimos pavojingosios atliekos	kg
Turimos nepavojingosios atliekos	kg
Turimos radioaktyviosios atliekos	kg

2.13 lentelė. Išvesčių srautus, paliekančius sistemą, apibūdinantys rodikliai (EN15978)

Rodiklis	Vienetas
Kartotiniai naudojami komponentai	kg
Kartotiniai naudojamos medžiagos	kg
Energijos atkūrimo medžiagos (nėra deginamos atliekos)	kg
Eksportuojamoji energija	MJ kiekvienam energijos nešikliui

2.4.3. Gaminių lygmuo (EN 15804)

Gaminių lygmeniu standarte EN 15804 nustatomos gaminio kategorijos taisyklės, padedančios sukurti statybos gaminių aplinkos gaminių deklaracijas (EPD), kurios yra III tipo aplinkos deklaracijos pagal ISO 14025 (2006) ir dažnai yra geras aplinkos duomenų šaltinis tvermei skaičiuoti.

Aplinkos gaminių deklaracija (EPD) yra atskiras tvermės vertinimo (LCA) tipas, parengtas naudojant nustatytas gaminių kategorijos taisykles (PCR), kaip parodyta 2.12 pav. Daugelis gaminių kategorijos taisyklių (PCR) gali būti taikomos statybos gaminiams (CPA, 2012), bet palygintas gali būti tik aplinkos gaminių deklaravimas (EPD), einantis po gaminių kategorijos taisyklių (PCR).



2.12 pav. Aplinkos apsaugos deklaravimas (EPD), kaip parodyta CPA (2012)

Bendrojo taisyklių, įtrauktų į EN 15804, rinkinio tikslas – suteikti vertintojams nuoseklų, palyginamą ir patikimą informaciją pastato lygmeniu.

Skaičiavimo taisyklės, taikomos tvermei vertinti, medžiagos lygmeniu yra panašios į pateiktąsias pastato lygmeniu. Tvermės vertinimo (LCA), atlikto medžiagos tarpsniu, apimtis gali būti tokia pat, kaip nurodytoji pastato tarpsniui (2.11 pav.). Tačiau standarte EN 15804 privaloma deklaruoti tik gaminių tarpsnius (A1–A3 moduliai); kitų tvermės tarpsnių deklaruoti nebūtina.

Šiame standarte funkcinis vienetas teikia nuorodą, pagal kurią sunorminami statybos gaminio tvermės vertinimo (LCA) rezultatų medžiagų srautai. Tačiau šiame standarte pateiktas papildomas vienetas: deklaruotasis vienetas, kuris gali būti naudojamas vietoj funkcinio, kai gaminio funkcija pastato tarpsniu nėra nustatyta arba yra nežinoma.

2.5. KITI STANDARTAI IR NORMOS (DAUGIAUSIA NAUDOJIMO TARPSNIUI)

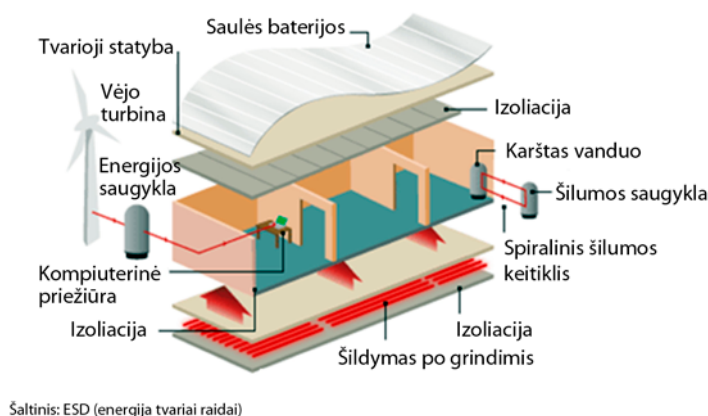
Kaip minėta, EN15978 (2011) nustatyti visi galimi aplinkos poveikiai visais aspektais, susijusiais su pastatu per jo gyvavimo trukmę modulinėje sistemoje (2.11 pav.). Šioje sistemoje B6 modulis atitinka vartojamą energiją, t. y. energiją, kurią vartoja pastato bendroji techninė sistema per naudojimo laikotarpį.

Vadinasi, ji apima energijos vartojimą erdvėms vėsinti, šildyti, karšto vandens tiekimo sistemai, vėdinti, apšviesti ir pagalbinei energijai, naudojamai siurbliams, reguliavimo ir automatikos sistemai. Standarte EN15978 nepateikiama energijos skaičiavimo taisyklių, bet nurodyta, kad jis turi derėti su Pastato energijos naudojimo direktyva (EU 2002) ir jos įgyvendinimu nacionaliniu lygmeniu.

Pastato energijos naudojimo direktyva – pagrindinė teisinė energijos naudojimo pastatuose priemonė Europos Sąjungos lygmeniu. Keturi pagrindiniai Pastato energijos naudojimo direktyvos (EPBD) klausimai, taikomi valstybių narių, yra šie (EU 2002):

- bendra metodologija apskaičiuoti suvartojamos energijos kieki;
- būtini naujų ir esamų pastatų, kuriuos numatyta atnaujinti, energijos suvartojimo standartai;
- naujų, esamų ir visuomeninių pastatų energijos atestavimo sistemos, šio atestavimo rezultatų ir kitos susijusios informacijos pateikimas;
- nuolatinis katilų ir centrinių oro kondicionavimo sistemų pastatuose tikrinimas ir šildymo įrangos, kurios katilai yra senesni nei 15 metų, vertinimas.

Pastato energijos naudojimo direktyvos (EPBD) (2010) pakeitimai nustato teisinius dalykus patobulinti nacionalines statybos normas ir taisykles, pristato beveik nulinės energijos pastatų politiką taip, kad visi nauji pastatai nuo 2020 m. būtų beveik nulinės energijos (svarbiausi nulinės anglies pastatų požymiai pateikti 2.13 pav.).



2.13 pav. Svarbiausi nulinės anglies namo požymiai

Nepaisant pagrindinių reikalavimų, pateiktų Pastato energijos naudojimo direktyvoje (EPBD), joje nepateikiama skaičiavimo principo, ir kiekvienai Europos Komisijos valstybei nariui leidžiama pasirinkti savo įgyvendinimo būdą. Daugelis šalių tvirtina naudosiančios CEN standartus arba kitus tarptautinius standartus. Šiuo požiūriu čia svarstomi du papildomi standartai:

- ISO 13790 (2008), kuriame pateikiami visi šiluminių sudedamųjų dalių, įeinančių į šiluminius skaičiavimus, aspektai ir koreliacijos koeficientai, siekiant atsižvelgti į dinامينius šiluminius poveikius skaičiuojant;
- EN 15316-3-1, kuriame nurodomi energijos poreikiai karštam vandeniui (DHW) ruošti.

3. SUPAPRASTINTIEJI PASTATŲ VERTINIMO BŪDAI

3.1. ĮVADAS

Statybos sektorius patiria spaudimą dėl tvarumo: ekologiškų produktų deklaracijos, mažai energijos naudojančys pastatai ir t. t. Tačiau suinteresuotos šalys ne visada yra tinkamai pasirengusios, kad galėtų analizuoti statybos produktų aplinkosaugos reikalavimus.

Naujų pastatų šiluminė elgsena per pastaruosius keletą metų buvo apibrėžta, kad architektai tinkamai kontroliuotų ir turėtų žinių apie pastatų naudojimo tarpsnį. Kita vertus, apie medžiagoms gaminti suvartotą energiją ir anglies pėdsaką yra žinoma mažiau, tačiau palengva tai įtraukiama į paraiškų teikimo kvietimus. Nedaugelis sektoriaus dalyvių turi kompetencijos spręsti apie šiuos abu dalykus.

Siekiant paskatinti pradėti naudojimo tarpsnio analizės įgyvendinimą statybos sektoriuje, šiame skyriuje pristatomi du supaprastintieji metodai:

- supaprastintasis gyvavimo ciklas, grindžiamas makrokomponentų dalių metodu;
- energinių poreikių pastato patalpoms vėsinti ir šildyti skaičiavimo būdas, apimantis ir energijos poreikį karštam vandeniui ruošti.

Abu būdai buvo išplėtoti vykdant Europos mokslinių tyrimų projektas SB_Steel (2014). Jie remiasi pastarųjų metų Europos standartų EN 15978 bei EN 15804 principais.

Pirmasis gyvavimo tarpsnio įvertinimo būdas pateiktas po supaprastintojo energijos skaičiavimo būdo ir atitinkamos kalibravimo procedūros.

3.2. TVERMĖS VERTINIMO ALGORITMAS, PAGRĮSTAS MAKROKOMONENTŲ DALIMIS

Pastatas, išorės ir vidaus gaminiai yra svarbūs pastato elgsenai, kai kalbama apie energijos suvartojimą ir aplinkos poveikį. Tai suformavo iš anksto surenkamų pagrindinių sudedamųjų dalių, t. y. makrokomponentų, kūrimo kelią. Todėl makrokomponentai yra iš skirtingų medžiagų pagamintos atitinkamos paskirties sąrankos, atitinkančios tokią pat pastato sudedamąją dalį (Gervásio *et al.* 2014).

Kiekvienai pastato sudedamajai daliai buvo parinkti skirtingi sprendiniai, pagrįsti makrokomponentais, ir pritaikyti pastato gyvavimo tarpsnio modelyje. Išsamiau tai dėstoma tolesniuose skyriuose.

3.2.1. Pagrindiniai žingsniai

3.2.1.1. Tikslas ir taikymo sritis

Šios priemonės tikslas – įvertinti paprasto pastato arba pastato dalies ploto (m^2) poveikį aplinkai naudojant iš anksto apibrėžtus makrokomponentus. Šis požiūris leidžia atlikti įvertinimą dviem skirtingais lygmenimis: (i) sudedamųjų dalių lygmeniu; (ii) pastato lygmeniu.

3.2.1.1.1. Funkciniai elementai

Pastato lygmeniu funkcinis vienetas – nustatytos paskirties pastatas (pvz., gyvenamasis, biurų ir t. t.) – suprojektuotas iš anksto nustatytam gyvavimo tarpsniui (pvz., 50 metų) ir visiškai atitinkantis standarto reikalavimus.

Pastato sudedamųjų dalių lygmeniu funkcinis vienetas yra pastato atitinkamos paskirties sudedamoji dalis (m²), pvz., išorės sienos, vidaus plokštės ir t. t., kurių gyvenimo tarpsnis yra, pvz., 50 metų. Šiuo atveju pastato sudedamosios dalies paskirtis gali būti įtraukta arba ne (lyginamųjų teiginių atveju pastato sudedamosios dalies funkcija turi būti įtraukta).

3.2.1.1.2. Sistemos ribos

Gyvavimo tarpsnio aplinkos analizė apima medžiagų gamybos etapą (A1–A3 moduliai), statybos etapą (A4 modulis), naudojimo etapą (B1–B5 moduliai), gyvavimo pabaigos etapą (C1–C4 moduliai) bei naudos ir krūvių, atsirandančių perdirbimo metu (D modulis), etapą (3.1 lentelė).

Modulis B6 nenagrinėjamas šio būdu. Kitame skyriuje išdėstyta metodika apima aspektus, įtrauktus į B6 modulį.

Taip pat neaptariami A5, B1 ir B7 moduliai. Statybos proceso poveikio svarba (A5 modulis) (įskaitant įrangos naudojimą, statyb vietės naudojimą ir atliekų gamybą), kaip buvo nustatyta, pastato lygmeniu gali būti nevertinama (Gervásio *et al.* 2014).

B1 modulis apima išmetalus dėl pastatui naudojamų medžiagų, kurie nėra vertinami kitų modulių naudojimo tarpsniais.

3.1 lentelė. Pastato gyvavimo ciklo informaciniai moduliai (pagal EN 15643-2:2011)

Gamybos etapas			Statybos etapas		Naudojimo etapas							Gyvavimo pabaigos etapas				
Žaliavų tiekimas	Gabenimas	Gamyba	Gabenimas	Statybos procesas	Naudojimas	Priežiūra	Remontas	Pakeitimas	Atnaujinimas	Energijos vartojimas veiklai	Vandens naudojimas veiklai	Nugriovimas	Gabenimas	Atliekų apdorojimas	Atsikratymas	Kartotinio naudojimo/perdirbimo potencialas
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	–	–	x	x	x	x	x	–	x	x	x	x	x

Manoma, kad šiais laikais dėl griežtų medžiagų teisės aktų statybinės medžiagos yra nedidelės taršos, todėl šis modulis turi mažai reikšmės. Galiausiai kiekybinis vandens naudojimas (B7 modulis) nenagrinėjamas, nes tai nepriklauso nuo statybos proceso parinkčių.

3.2.1.2. Gyvavimo tarpsnio inventorių

Kaip minėta, duomenų kokybės patikra yra gyvavimo tarpsnio analizės (LCA) standartų reikalavimas. Todėl, atsižvelgiant į statybos gaminius, duomenys turėtų būti tikrinami pagal EN 15804:

- laiko aprėptis: duomenų rinkiniai turi būti atnaujinti, bendrieji duomenys – kartą per 10 metų, o gamintojų savitieji duomenys – kartą per 5 metus;
- duomenų rinkiniai turi būti pagrįsti vidutiniais vienerių metų duomenimis;
- geografinė aprėptis: duomenų rinkiniai turi atspindėti geografinį deklaruoto produkto ar produktų grupės rajoną;

- technologijos aprėptis: duomenų rinkiniai turi atspindėti fizinę deklaruoto produkto ar produktų grupės realybę;
- išbaigtumas: duomenų rinkiniai turi būti užpildyti, atsižvelgiant į sistemos ribas, neviršijant sąnaudų ir gamybos našumo išlaidų kriterijaus.

Dauguma aplinkos duomenų rinkinių paimti iš PE International organizacijos duomenų bazės (2006), išskyrus plieno duomenis. Be to, plieno duomenų rinkiniai pateiki Pasaulinės plieno asociacijos (Woldsteel Asocciation 2002) kartu su PE International. Todėl metodikos yra labai panašios. Tai užtikrina gerą duomenų rinkimo ir tvarkymo suderinamumą, taip pat paskirstymo ir nutraukimo taisyklių metodologiją, kaip parodyta 3.2 lentelėje, apie pagrindinių medžiagų naudojimą makrokomponentams.

3.2 lentelė. Makrokomponentų pagrindinių medžiagų kokybės patikra

	Laiko aprėptis	Geografinė aprėptis	Technologinė aprėptis	Užbaigtumas
Plieniniai profiliuočiai	2007, metinis vidurkis	Europa	Europos gamintojai	>99 % masės ir energijos
Plieninė armatūra	2007, metinis vidurkis	Pasaulis	Pasaulio gamintojai	>99 % masės ir energijos
Plieno ritiniai	2007, metinis vidurkis	Europa	Europos gamintojai	>99 % masės ir energijos
Betonas C20/25	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Orientuoti medienos drožlių plokštės OSB	2008, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>99 % masės ir energijos
Gipskartonio plokštė	2008, metinis vidurkis	Europa	Europos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Plytos	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Akmens vata	2011, metinis vidurkis	Europa	Europos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Polistireninis putplastis EPS	2011, nėra duomenų	Europa	Nėra duomenų	Nėra duomenų
Ekstruzinis polistirenas XPS	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Kietas putų poliuretanai PUR	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Išplėstoji kamštinė medžiaga	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Stiklo vata	2011, metinis vidurkis	Europa	Europos gamintojai	>95 % masės ir energijos
Poliuretano putos PE	2011, metinis vidurkis	Vokietija	Vokietijos gamintojai	> 95 % masės ir energijos

3.2.1.3. Gyvavimo ciklo poveikio vertinimas

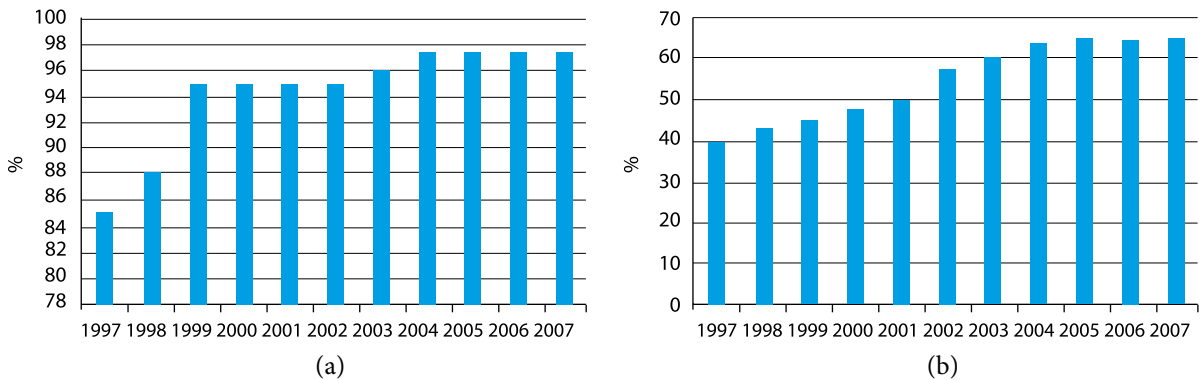
Aplinkosaugos kategorijos, parinktos pastato poveikiui aplinkai apibūdinti, pateiktos 2.10 lentelėje. Jos atitinka aplinkosaugos kategorijas, rekomenduojamas Europos standartų, susijusių su pastatų aplinkosauginio veiksmingumo vertinimu (EN 15643-2 ir EN 15978).

Modulinės konstrukcijos požiūris buvo pritaikytas remiantis minėtais standartais. Todėl gyvavimo ciklo poveikio aplinkai analizės kiekvieno makrokomponento išvestis numatyta vienam moduliui ar pagal bendrąją kiekvieno etapo reikšmę.

Kiekvieno makrokomponento gyvavimo ciklo aplinkos analizė atlikta Gabi programine įranga (2012).

3.2.2. Kartotinai naudojamų medžiagų paskirstymas

Plienas yra perdirbamas 100 %, jo laužas gali būti konvertuojamas į tos pačios kokybės plieną, priklausomai nuo metalurgijos galimybių ir perdirbimo maršruto (Worldsteel Association 2009). Todėl, pasibaigus jos gyvavimo tarpsniui, plieninė konstrukcija ar statinys tikriausiai bus išmontuoti, o plienas siunčiamas perdirbti ar kartotinai naudoti (visiškai arba iš dalies). Remiantis Plieno perdirbimo instituto duomenimis (Steel Recycling Institute 2009), Šiaurės Amerikoje konstrukcinio plieno perdirbimo norma yra apie 97,5 %. Grafike (3.1 pav.) pateiktos plieno konstrukcijų ir armatūros perdirbimo normos bei plieno naudojimo tendencijos statybų sektoriuje.



3.1 pav. Perdirbamumo rodikliai: (a) konstrukcinio plieno ir (b) armatūros plieno (Plieno perdirbimo institutas 2009)

Kartotinis plieno naudojimas ir perdirbimas yra daugiavandis klausimas, reikalaujantis taikyti paskirstymo tvarką.

3.2.2.1. Įvadas

Dauguma pramonės procesų yra daugiavandiai, t. y. jų produkcija apima daugiau nei vieną gaminį, o gaminių gamybos išeiga dažnai yra tarpiniai arba netinkami gaminiai. Paskirstymo problema kyla prireikus priimti atitinkamą sprendimą, kad įvesties/išvesties apimčių srautai būtų paskirstyti į funkcinius vienetus, numčius gamybos sistemos pagal analizę.

Skirstymas apibrėžtas ISO 14040 (2006), kaip „procesų ar gamybos sistemos įvesties arba išvesties srautų suskirstymas tarp gamybos sistemos pagal analizę ir vienos ar daugelio kitų gamybos sistemų“. Taigi paskirstymo metu srautų dalys skirstomos tarp pavienių procesų ar gamybos sistemų.

Pagal ISO 14044 (2006) paskirstymo turėtų būti vengiama arba dalijant vieną procesą turi būti išskiriamos dvi ar daugiau procesų sudedamosios dalys, renkami įvesties ir išvesties duomenys, susiję su šių procesų sudedamosiomis dalimis, arba pagal plečiamą gamybos sistemą reikia įtraukti papildomas funkcijas, susijusias su šalutiniais gaminiais (sistemos plėtra).

Sistemos išplėtimas apima nuostolių vengimo požiūrį, kuris pašalina perteklines funkcijas iš daugiavandžio proceso, atmetant lygiavertčius vienos funkcijos procesus, siekiant gauti vienfunkčią procesą.

Jei nėra vienas procesas ir nėra vienas sistemos plėtos padalinys nėra tinkamas būti tyrimo apimtimi ir tyrimo tikslu, paskirstymas neišvengiamas. Šiuo atveju ISO 14044 (2006) rekomenduoja dvi pasirinktis: (i) sistemos įvestis ir išvestis remiasi fizikiniais (arba cheminiais, arba biologiniais) priežastiniais ryšiais; (ii) paskirstoma remiantis kitais santykiais (pvz., ekonomine gaminių verte).

Kartotinio naudojimo ir perdirbimo medžiagų aptarimas yra daugiavandis klausimas, leidžiantis suprasti paskirstymo procesų naudojimą. Paskirstymo principai ir procedūros, minėti pirmiau, taikomi perdirbimo ir kartotinio naudojimo atvejais, nors šiuo atveju turi būti atsižvelgta į būdingąsias medžiagų

savybės renkantis paskirstymo tvarką, ir turi būti pasirenkamas pirmas atvejis (ISO 14044, 2006). Šiuo atveju gali susiklostyti trys pagrindinės situacijos (Werner, 2005):

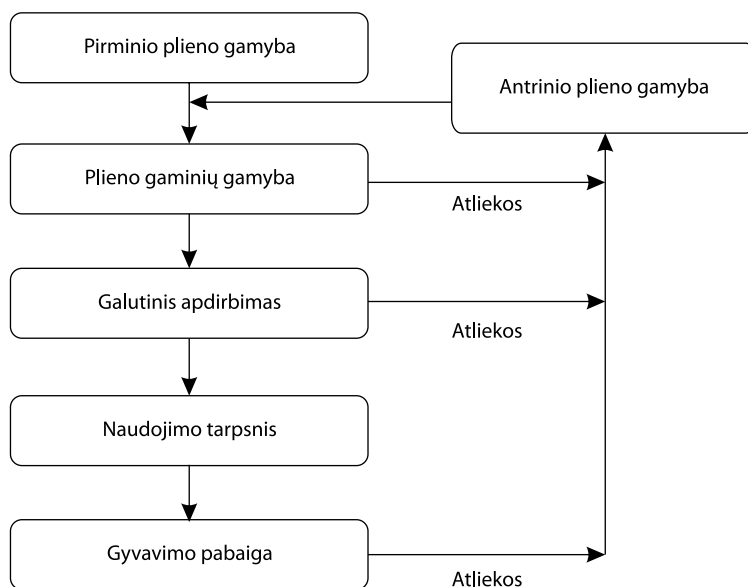
- būdingosios medžiagos savybės nesikeičia nagrinėjamoje gamybos sistemoje ir medžiaga turi būti kartotinai taip pat naudojama;
- būdingosios medžiagos savybės pasikeičia nagrinėjamoje gamybos sistemoje ir medžiaga turi būti kartotinai taip pat naudojama;
- būdingosios medžiagos savybės pasikeičia nagrinėjamoje gamybos sistemoje ir medžiaga turi būti naudojama kitaip.

Pirmuoju atveju yra uždarojo ciklo situacija, kurioje pirminės medžiagos keitinys yra tariai užbaigtas, todėl nėra jokios naštos aplinkai dėl pirminio gaminio gamybos ar galutinio šalinimo, priskirto gamybos sistemai. Antrasis atvejis atitinka atvirojo ciklo požiūrį, darant uždarojo ciklo situacijos prielaidą. Šiuo atveju pakeistos medžiagų savybės laikomos nereikšmingomis, o perdirtimas nukreiptas į uždarojo ciklo situaciją. Galiausiai paskutinis atvejis yra atvirojo ciklo situacija tarus, kad pirminės medžiagos keitinys yra dalinis. Šiuo atveju našta aplinkai, atsirandanti dėl pirminės medžiagos gamybos galutinio šalinimo, turi būti iš dalies skiriama tiriamai sistemai.

Pagal ISO 14044 (2006), atsižvelgiant į uždarojo ciklo situaciją, paskirstymo vengiama, nes antrinės medžiagos naudojimas pakeičia žaliavų naudojimą.

3.2.2.2. Plieno atliekų paskirstymas

Plieno gyvavimo ciklo metu laužo susidaro pradedant gamybos etapu, galutinio apdorojimo etapu ir baigiant gyvavimo tarpsnio pabaigą (3.2 pav.). Taigi paskirstymo procedūra turi būti atsižvelgiama į laužo pašalinimą iš gyvavimo sistemos. Be to, kaip aprašyta toliau, plienas tvarkomas skirtingais gamybos būdais ir laužo įvesties į plieno gamybą paskirstymas yra kitas svarstomas klausimas.



3.2 pav. Gyvavimo ciklo poveikio (LCI) sistemos riba, įskaitant gyvavimo pabaigos duomenis apie metalo laužą (LCI 2002)

Galima plienas gali būti perdirbamas arba kartotinai naudojamas daug kartų. Atitinkamas paskirstymo metodas yra reikalingas siekiant spręsti daugkartinį perdirbimą ir kartotinį plieno sudedamųjų dalių naudojimą.

Todėl pritaikyta metodika spręsti plieno paskirstymo problemą yra uždarojo ciklo medžiagos perdirbimo prielaida, sukurta Pasaulinės plieno asociacijos (LCI 2002). Ši metodika buvo parengta siekiant

surinkti LCI plieno gaminių duomenis, skaičiuojant gyvavimo tarpsnio pabaigos perdirbimą. Uždarojo ciklo metodo taikymas pateisinamas tuo, kad laužas perlydomas norint gaminti naują plieną pakeičiant kai kurias jo savybes arba išlaikant tas pačias. Tokiu atveju galioja ISO standarto 14044 nuoroda, kad paskirstymo reikia vengti, kai antrinės medžiagos naudojimas pakeičia žaliavų (pradinių) medžiagų naudojimą.

Plienas gali būti gaminamas dviem pagrindiniais būdais: aukštakrosnėse (BF) ir elektros lankinėse krosnyse (EAF). Pagrindinis skirtumas tarp šių dviejų būdų – plieno laužo įvestis plienui gaminti: taikant BF būdą, plienas gaminamas beveik vien tik iš žaliavų, o EAF būdu plieno gamyba grindžiama daugiausia plieno laužo įvestimi.

Taigi, nagrinėjant du pagrindinius plieno gamybos ir perdirbimo būdus, atsižvelgiant į LCI plieno gamybos duomenis, teigiama, kad, taikant BF būdą, imama 100 % žaliavos ir tai sąlygiškai žymima kaip X_{pr} , o LCI duomenimis, plienui gaminti EAF būdu imama 100 % antrinio plieno. Sąlygiškai tai pažymima X_{re} . Tuomet LCI duomenis apie plieno laužą susieja (3.1) išraiška:

$$LCI_{scrap} = Y(X_{pr} - X_{re}), \quad (3.1)$$

čia Y – metalo išeiga, apibūdinanti antrinio proceso veiksmingumą perdirbant plieno laužą į plieną. Pasaulinės plieno asociacijos duomenimis (LCI 2002), reikia apie 1,05 kg metalo laužo norint pagaminti 1 kg antrinio plieno.

Nagrinėjant BF būdą, tariama, kad sunaudojamų žaliavų ir susigrąžinimo norma RR (plieno dalis atgaunama kaip metalo laužas per visą plieninio gaminio gyvavimo tarpsnį) yra 100 %, gyvavimo tarpsnio pabaigoje susidaręs grynasis laužo kiekis imamas kaip RR . Tokiu būdu 1 kg plieno LCI, įskaitant gyvavimo tarpsnio pabaigą, skaičiuojama kaip pirminės gamybos LCI, atsižvelgiant į laužo perdirbimo išlaidas, pagal (3.2) išraišką:

$$LCI = X_{pr} - RR[Y(X_{pr} - X_{re})]. \quad (3.2)$$

Kita vertus, tarus, kad naujam plienui pagaminti EAF būdu sunaudojama 1 kg antrinio plieno ir gyvavimo tarpsnio pabaigoje RR kg plieno atgaunama perdirbti, grynasis sunaudoto laužo kiekis apskaičiuojamas pagal išraišką $(1/Y - RR)$. Šiuo atveju už 1 kg plieno LCI, įskaitant gyvavimo tarpsnio pabaigą, yra apskaičiuojamas kaip antrinės gamybos LCI, įvertinant laužo perdirbimo sąnaudas, tokia (3.3) išraiška:

$$LCI = X_{re} + (1/Y - RR)[Y(X_{pr} - X_{re})]. \quad (3.3)$$

Pertvarkius (3.3) išraišką artėjama prie (3.2) išraiškos, rodančios, kad LCI sistema nepriklauso nuo medžiagos šaltinio. Ji priklauso nuo plieno perdirbimo gyvavimo tarpsnio pabaigoje ir proceso išeigos, susijusios su perdirbimo procesu, santykio. Vadinas, (3.3) išraiška galima paskirstyti plieno laužą nepriklausomai nuo plieno gamybos būdo.

Ankstesnės išraiškos buvo gautos darant prielaidą dėl 100 % pirminės gamybos arba dėl 100 % antrinės gamybos. Iš tikrųjų plieno gaminiams, gaminamiems pirmuoju būdu, taip pat galima naudoti šiek tiek laužo, o gaminiuose, pagamintuose EAF būdu, taip pat gali būti nedidelė dalis žaliavų. Šiuo atveju debetas ar kreditas, gautas (3.1) išraiška, gali būti perrašytas taip:

$$LCI_{scrap} = (RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re}), \quad (3.4)$$

čia $RR - S$ – grynasis laužo kiekis gyvavimo tarpsnio pabaigoje. Atsižvelgiant į LCI gatavų plieno gaminių duomenis, yra X' , tuomet apskaičiuojama produktų LCI, įskaitant gyvavimo tarpsnio pabaigos perdirbimą:

$$LCI = X' - [(RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})]. \quad (3.5)$$

(3.5) išraiška pritaikyta LCA metodikose, aprašytose kitame skyriuje, plieno gaminių LCI duomenims gauti, įskaitant perdirbimą gyvavimo ciklo pabaigoje.

3.2.3. Makrokomponentų apibūdinimas

Makrokomponentai buvo apibrėžti įvairioms pastato sudedamosioms dalims pagal „Uniformat“ klasifikavimo schemą (2010). Yra išskirtos tokios kategorijos: (A) pamatai, (B) karkasas ir (C) interjeras. Kiekviena pagrindinė kategorija yra suskirstyta dar detaliau. Išsami klasifikacijos sistema pateikta 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Pastato sudedamųjų dalių klasifikavimo schema (UniFormat 2010)

Pamatas	(A40) Plokštė ant grunto	(A4010) Standartinė plokštė ant grunto	
(B) Karkasas	(B10) Antžeminė dalis	(B1010) Perdangos konstrukcija	(B1010.10) Perdangos konstrukcijos rėmas
			(B1010.20) Perdangos paklotas, plokštės ir dangos
		(B1020) Stogo konstrukcija	(B1020.10) Stogo konstrukcijos rėmas
			(B1020.20) Stogo paklotas, plokštės ir apkala
	(B20) Išorinis stačiasis apdaras	(B2010) Išorinės sienos	(B2010.10) Išorinės sienos viršutinė danga
			(B2010.20) Išorinės sienos konstrukcija
		(B2020) Išorės langai	
		(B2050) Išorės durys	
Antžeminė dalis	(B30) Išorinis gulsčiasis apdaras	(B3010) Stogo danga	
		(B3060) Gulsčiosios angos	
(C) Vidus	(C10) Vidinės konstrukcijos	(C1010) Vidinės pertvaros	
	(C20) Vidaus apdaila	(C2010) Sienų apdaila	
		(C2030) Grindų apdaila	
		(C2050) Lubų apdaila	

Kiekvieną pastato sudedamąją dalį sudarantys (3.3 lentelė) atitinkami makrokomponentai atlieka tą pačią funkciją ir turi panašių savybių. Funkcinis kiekvieno makrokomponento vienetas yra pastato sudedamosios dalies 1 m² su panašiomis savybėmis, kad užtikrintų 50 metų naudojimo trukmę.

Šis prielaida buvo sukurta pastatui vertinti ankstyvuju projektavimo laikotarpiu (Gervasio *et al.* 2014). Todėl, norint susitvarkyti su projektavimo duomenų ankstyvuju projektavimo tarpsniu, laikanoji konstrukcija (karštai valcuota konstrukcija, lengva plieninė ar betoninė konstrukcija) yra priskiriama makrokomponentui, nurodančiam, kad tai perdangos konstrukcinio rėmo (B1010.10) arba stogo konstrukcinio rėmo (B1020.10) 1 m².

Kiekvieno makrokomponento informacija iliustruota 3.4 lentelėje pateiktu pavyzdžiu. Be skirtingų medžiagų sluoksnių savybių šilumos perdavos koeficientu (U) (atsižvelgiant į šilumos tiltų, kur tinkama) ir šilumine inercija (k_m) taip pat numatoma, kaip kiekybiškai įvertinti pastato vartojamą energiją.

Makrokomponentai buvo surinkti į duomenų bazę, kuri pateikta šio dokumento 1 priede.

3.2.4. Makrokomponentų dalių sąrankos aiškinamasis pavyzdys

Kai kuriais atvejais, siekiant užtikrinti pastato sudedamosios dalies paskirtį, skirtingi makrokomponentai turi būti laikomi tuo pačiu metu. Kaip pavyzdys čia pateikiamos gyvenamojo pastato vidaus plokštės.

3.2.4.1. Makrokomponentų dalių montavimas

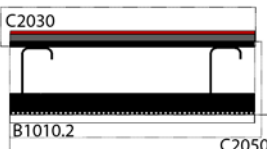
Yra parinkti tokie pastato vidaus plokštės makrokomponentai:

- grindys (C2030);
- grindų konstrukcinė sistema (B1010.10);
- lubų apdaila (C2050).

Pasirinktos makrokomponentų sąrankos parodytos 3.4 lentelėje.

Šiuo atveju šilumos perdavos U vertės nustatymas nėra numatytas, makrokomponentas atitinka vidaus plokštę ir todėl neturi poveikio skaičiuojant energijos poreikius.

3.4 lentelė Vidaus plokščių makrokomponentų rinkinys

Makrokomponentų rinkinys	Makrokomponentas	Medžiaga	Storis (mm)/ Tankis (kg/m ²)	U vertė (W/m ² ·K)	k_m (J/m ² ·K)
	C2030 grindys	Keraminės plytelės	31 kg/m ²		
		Betoninis išlyginamasis sluoksnis	13 mm		
	B1010.10 Grindų konstrukcinė sistema	OSB	18 mm		
		Oro tarpas	160 mm		
		Akmens vata	40 mm	–	61062
		Lengvieji plieniniai elementai	14 kg/m ²		
		Gipskartonio plokštė	15 mm		
	C2050 Lubų apdaila	Dažymas	0,125 kg/m ²		

3.2.4.2. Funkcinis vienetas ir numatytoji medžiagų naudojimo trukmė

Pastato sudedamosios dalies funkcinis vienetas yra gyvenamojo namo vidaus plokštė (m²), kurios numatytoji naudojimo trukmė – 50 metų. Pasirinkti makrokomponentai turi atitikti tą patį pastato sudedamosios dalies funkcinį vienetą. Todėl į skirtingų medžiagų numatytąją naudojimo trukmę turi būti atsižvelgta. 3.5 lentelėje pateikta numatoma medžiagų naudojimo trukmė.

3.5 lentelė. Numatoma medžiagų naudojimo trukmė

Makrokomponentas	Medžiaga	Vnt.	Numatoma naudojimo trukmė (metais)
Grindys	Keraminės plytelės	m ²	25
	Betono išlyginamasis sluoksnis	m ²	50
Grindų konstrukcinė sistema	Šaltai formuotas plienas	kg/m ²	50
Grindų paklotas	Akmens vata	m ²	50
	OSB	m ²	50
	Gipso plokštė	m ²	50
Lubų apdaila	Dažai	m ²	10

Todėl, siekiant atitikti funkcinį vienetą, kai kurios iš panaudotų medžiagų turi būti pakeistos arba perdarytos pagal iš anksto numatytą scenarijų.

3.2.4.3. Scenarijai ir prielaidos

Kad būtų galima pasiekti informaciją apie aplinką visiems moduliams, reikalingas scenarijus ir prielaidos.

Funkcinis vienetas yra susijęs su 50 metų laiko tarpsniu. Tai reiškia, kad kiekviena makrokomponento medžiaga turi atitikti šį reikalavimą. Taigi medžiagas, kurių tikėtina naudojimo trukmė mažesnė nei 50 metų, reikia prižiūrėti ar net pakeisti per šį laikotarpį. Todėl skirtingi scenarijai parinkti kiekviena medžiagai, kad būtų galima atlikti tam tikro laikotarpio analizę. Be to, gyvavimo tarpsnio pabaigoje kiekviena medžiaga dėl savo būdingųjų savybių turi skirtingą paskirtį. Taigi dėl kiekvienos medžiagos gyvavimo tarpsnio pabaigos scenarijus nagrinėjamas atsižvelgiant į kiekvienos medžiagos savybes.

Visi minėti scenarijai nustatyti pagal taisykles, nurodytas EN 15643-2 ir EN 15978.

3.2.4.3.1. Medžiagų gabenimo scenarijai (A4 ir C2 moduliai)

Gabenimo atstumai nuo gamyklų į statybos aikštelę (A4 modulis) ir atstumas nuo griovimo vietos iki atitinkamos perdurbimo / naikinimo vietos (C2 modulis), kaip numatyta, bus 20 km ir gabenama sunkvežimiu, kurio keliamoji galia – 22 tonos. Tačiau projektuotojas gali nurodyti ir kitokį atstumą. Atliekant jautrumo analizę turi būti atsižvelgiama į tai, kad gabenamos įvairios medžiagos.

3.2.4.3.2. Naudojimo tarpsnio scenarijai (B1–B7 moduliai)

Įvairių medžiagų scenarijai yra anksto numatyti, kad būtų užtikrinta reikiama 50 metų trukmė. Todėl, atsižvelgiant į išvardytus makrokomponentų rinkinius, nustatyti tokie scenarijai:

- keraminių plytelių keitimas kas 25 metus;
- lubų dažymas kas 10 metų.

3.2.4.3.3. Gyvavimo tarpsnio pabaigos (C1–C4 moduliai) ir perdurbimo (D modulis) scenarijai

Įvairūs medžiagų gyvavimo tarpsnio pabaigos scenarijai pagal jų būdingąsias savybes nurodyti 3.6 lentelėje. Taigi OSB laikoma deginama (80 %) biomasės elektrinėse ir kreditai skiriami energijai atgauti. Plienai yra perdurbamas tariant, kad jo perdurbimo lygis siekia 90 %, o kreditai gauti iš grynų laužo gyvavimo tarpsnio pabaigoje. Be to, manoma, kad akmens vata turėtų būti perdurbta (80 %). Tačiau dėl duomenų apie perdurbimo procesą trūkumo nėra kreditų už atliekų, siunčiamų į sąvartyną, mažinimą.

3.6 lentelė. EOL medžiagų parinktys

Medžiaga	Šalinimo/perdurbimo scenarijus	Kreditai
Keraminės plytelės	Sąvartynas (100 %)	–
Betoninis išlyginamasis sluoksnis	Sąvartynas (100 %)	–
Gipskartonis	Sąvartynas (100 %)	–
Akmens vata	Perdurbimas (80 %) + Sąvartynas (20 %)	–
OSB	Deginimas (80 %) + Sąvartynas (20 %)	Kreditas dėl energijos atgavimo
Lengvieji plieniniai gaminiai	Perdurbimas (90 %) + Sąvartynas (10 %)	Kreditas dėl grynų atliekų

Buvo vertinama, kad visos likusios medžiagos turi būti siunčiamos į statybinių medžiagų sąvartyną.

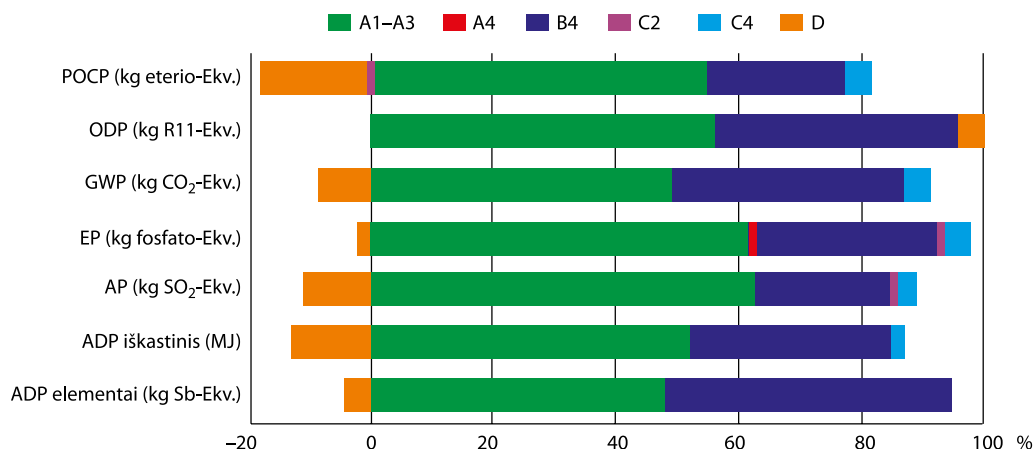
3.2.4.4. Aplinkos analizė

Makrokomponentų rinkinių, parodytų 3.4 lentelėje, rezultatai (į m²), pateikti 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Makrokomponentų gyvavimo ciklo aplinkos analizė (į m²)

Poveikio kategorija	A1–A3	A4	B4	C2	C4	D	Iš viso
ADP elem. [kg Sb-Eq.]	1,86E-03	6,59E-09	1,83E-03	5,76E-09	5,93E-07	–1,96E-04	3,49E-03
ADP iškastinis [MJ]	1,31E+03	2,45E+00	8,12E+02	2,14E+00	2,31E+01	–3,35E+02	1,82E+03
AP [kg SO ₂ Eq.]	2,47E-01	7,91E-04	9,14E-02	6,85E-04	1,01E-02	–4,45E-02	3,05E-01
EP [kg PO ₄ ³⁻ Eq.]	2,61E-02	1,82E-04	1,40E-02	1,57E-04	1,54E-03	–1,01E-03	4,09E-02
GWP [kg CO ₂ Eq.]	8,38E+01	1,77E-01	6,48E+01	1,54E-01	6,80E+00	–1,45E+01	1,41E+02
ODP [kg R11 Eq.]	2,80E-06	3,09E-12	2,04E-06	2,70E-12	1,27E-09	1,76E-07	5,01E-06
POCP [kg Eterio Eq.]	3,41E-02	–2,58E-04	1,43E-02	–2,23E-04	2,62E-03	–1,07E-02	3,98E-02

Vieno modelio indėlio analizė pateikta 3.3 pav. A1–A3 moduliai dominuoja visų poveikių kategorijose (per 50 % daugelyje aplinkos kategorijų), paskui eina B4 modulis, kurio indėlis svyruoja 10–20 %. D modulis daro reikšmingą poveikį (arti 10 %) daugumai poveikio kategorijų. Mažiau reikšmingas yra C4 modulio (arti 5 %, kai kuriais atvejais) indėlis, o likusių modulių indėlis nereikšmingas.



3.3 pav. Gyvavimo ciklo aplinkos poveikiai makrokomponentams (į m²)

Visi makrokomponentai buvo skaičiuojami panašiai. Kaip minėta, jie leidžia atlikti gyvavimo tarpsnio analizę elemento lygmeniu arba pastato lygmeniu.

3.3. ENERGIJOS KIEKYBIŠKO VERTINIMO ALGORITMAS (NAUDOJIMO STADIJA)

3.3.1. Įvadas

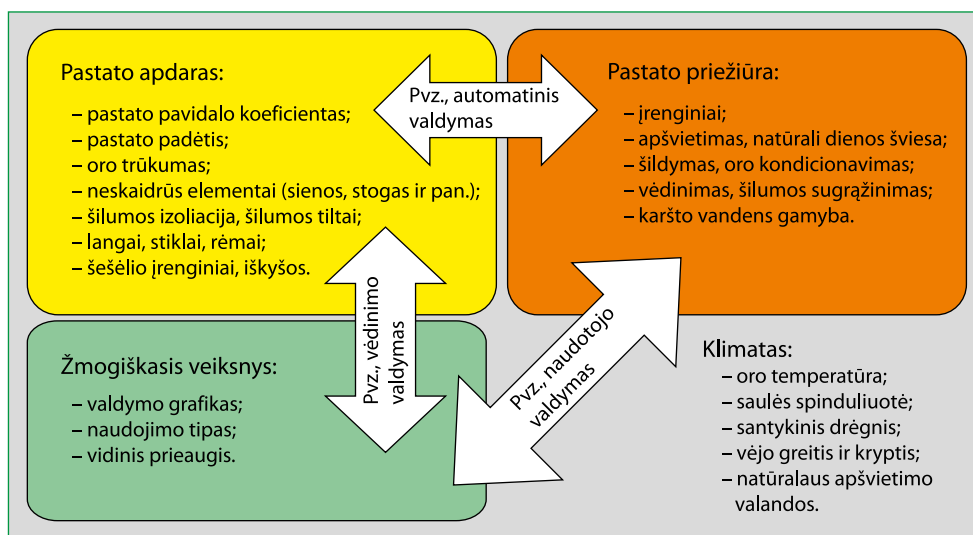
Kaip minėta, EN 15978 (2011) priskiria visus galimus poveikius aplinkai, visais požiūriais, susijusiais su pastatu per jo gyvavimo tarpsnį (medžiagų gamyba, naudojimas, gyvavimo tarpsnio pabaiga ir kartotinis naudojimas, naikinimas ir perdirbimo potencialas) modulių sistemoje. Pagal šią sistemą B6 modulis atitinka eksploatacinę energijos vartojimą, t. y. pastato energijos sąnaudas.

Modulio B6 ribos turi būti suderinamos su EPBD, naudojant EN 15603 (2008), ir apimti energiją, naudojamą šildyti, vėsinti, energiją karštam vandeniui ruošti, energiją, reikalingą vėdinimo, apšvietimo ir pagalbinėms sistemoms.

Priimtas supaprastintasis požiūris grindžiamas pastato ir jame įrengtų įrenginių rodikliais. Jis apima kiekybinę energijos poreikį patalpoms šildyti ir vėsinti, karštam vandeniui ruošti. Energijos poreikis mechaniniam vėdinimui ir apšvietimui nėra nagrinėjamas, nes šios dvi sudedamosios dalys nėra tiesiogiai susijusios su konstrukcine pastato sistema. Šildymo ir vėsinimo sąnaudos skaičiuojamos taikant mėnesinį tariamą pastovaus būvio metodą, pateiktą ISO 13790 (2008). Šis standartas apima visus sudedamųjų šilumos dalių, dalyvaujančių atliekant šiluminius skaičiavimus, aspektus ir pateikia koreliacijos koeficientus, siekiant įvertinti dinامينius šiluminius poveikius. Energijos poreikiai karštam vandeniui gaminti (DHW) skaičiuojami pagal EN 15316-3-1 (2007).

3.3.2. Pastato vieta ir klimatas

Kad būtų galima apskaičiuoti pastatui naudoti reikalingą energiją jo naudojimo tarpsniu, svarbu atsižvelgti į didžiausią poveikį darančius kintamuosius, susijusius su šilumine elgsena ir energiniu pastato efektyvumu.



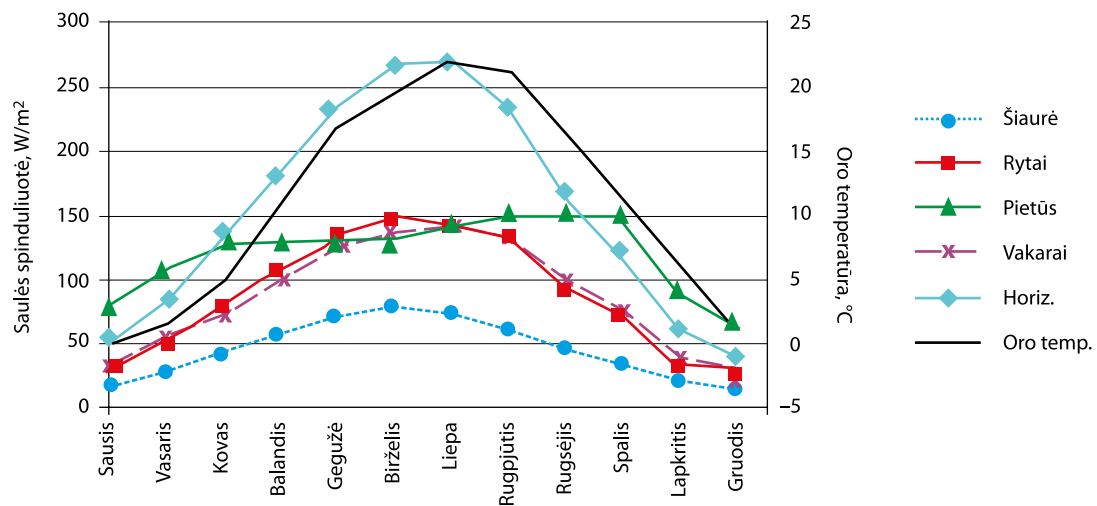
3.4 pav. Pagrindiniai svarbiausi veiksniai, darantys poveikį pastatų energijos suvartojimui (Santos *et al.* 2012)

Rodikliai gali būti suskirstyti į keturis rinkinius, būtent: klimato, pastato apdaro, pastato priežiūros ir žmogiškųjų veiksmų (3.4 pav.). Daugumos šių veiksmų vertinimas įtrauktas į algoritmą, kaip apibūdinta kituose skirsniuose.

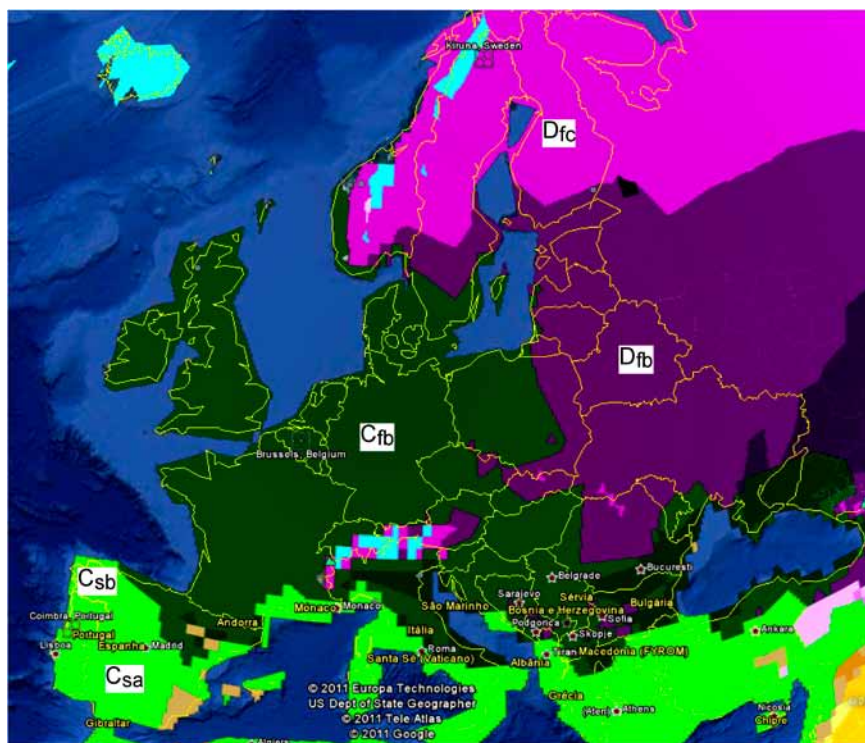
Pastato vieta, kalbant apie klimato sąlygas, yra gyvybiškai svarbi šiluminei elgsenai skaičiuoti (Santos *et al.* 2011, 2012). Turi būti nustatyti du pagrindiniai klimato rodikliai, siekiant pradėti skaičiuoti energijos poreikį:

- oro temperatūra;
- saulės spinduliuotė į paviršių esant tam tikrai padėčiai.

3.5 pav. grafiškai parodyti Timišoaro miesto, esančio Rumunijoje, vidutiniai mėnesio duomenys.



3.5 pav. Išorės oro temperatūros mėnesio vidurkis ir saulės radiacijos poveikis.
Timišoara (RO)



Pagrindinis klimatas

A: pusiaujų
B: sausas
C: šiltos temperatūros
D: sniego
E: poliarinis

Krituliai

W: dykuma
S: stepės
f: drėgnas ir šiltas
s: sausos vasaros
w: sausos žiemos
m: musonai

Temperatūra

h: karšta, sausa
k: šalta, sausa
a: karšta vasara
b: šilta vasara
c: šalta vasara
d: itin kontinentinė

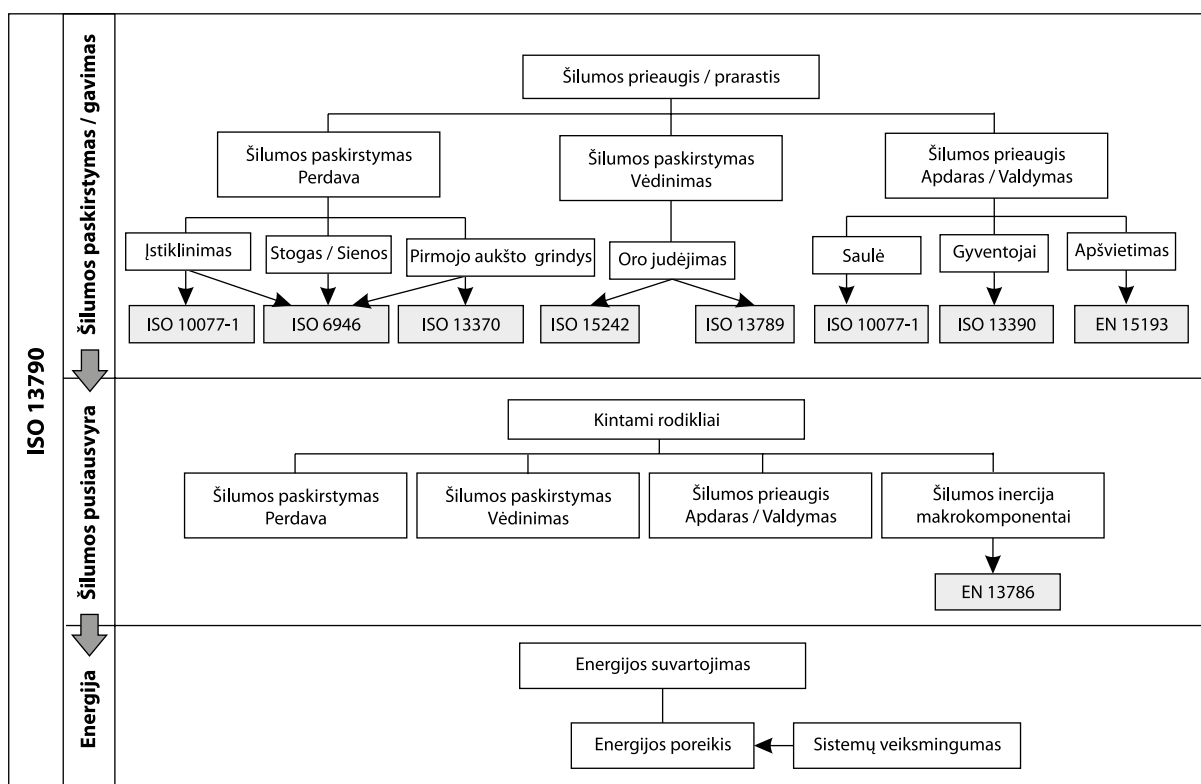
F: poliarinis speigas
T: poliarinė tundra

3.6 pav. Köppen-Geigerio klimato klasifikacijos Europos žemėlapis
(Kottek *et al.* 2006; Google Earth 2014)

Metodika yra priderinta penkiems klimato regionams (suskirstytiems pagal Köppen-Geigerio klimato klasifikaciją): (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc. Köppen-Geigerio klimato klasifikacija – viena plačiausiai naudojamų klimato klasifikacijos sistemų (Kottek *et al.* 2006). 3.6 pav. pateikta Köppen-Geigerio Europos klimato klasifikacija. Aiškiai matoma platumos, aukščio ir pakrantės artumo svarba šių regionų klimatui. Regionuose, esančiuose žemesnėse platumose (žemiau 45° N) (pietų Europa, pvz., Viduržemio jūros regiono šalys) klimatas yra ženklinamas kaip Csa ir Csb, t. y. C – nuosaikiai šiltas, s – vasara sausa, a – karšta vasara, b – šilta vasara.

Aukščiau šių platumų (tarp 45–55° N), Vakarų Vidurio Europos šalyse, klimatas yra daugiausia skirstoma į Cfb, t. y. C – nuosaikiai šiltas, f – visiškai drėgnas, b – šilta vasara. Rytų Vidurio Europos šalių (atokiau nuo Atlanto vandenyno pakrantės) klimatas yra ženklinamas kaip Dfb, t. y. D – sniegas, f – visiškai drėgnas, b – šilta vasara.

Regionuose, esančiuose dar aukštesnėse platumose (virš 55° N), Šiaurės Europos šalių klimatas dažniausiai ženklinamas kaip Dfc, t. y. D – sniegas, f – visiškai drėgnas, c – vėsi vasara. Tokio klimato regionuose yra keletas Rytų Vidurio Europos šalių, o pagrindinis skirtumas yra šaltesni vasaros sezonai.



3.7 pav. Struktūrinė algoritmo ir nuorodinių standartų, susijusių su patalpų kondicionavimu, schema

Duomenų bazė su įvairių Europos vietų oro duomenimis pateikta 3.8 lentelėje, į kurią įtrauktas 49 miestų, kurių tokia informacija buvo gauta, sąrašas. Dauguma šių klimato duomenų buvo gauti naudojant „EnergyPlus“ energijos modeliavimo programinę įrangą su orų duomenų baze (EERE – USDoE, 2014), o likę buvo pateikti tyrimų projekto partnerių.

3.8 lentelė. Vietų su nustatytaisiais orų duomenimis sąrašas

Miestas	Šalis	Klimato regionas	Platuma
Amsterdamas	Olandija	Cfb	52
Ankara	Turkija	Csb	39

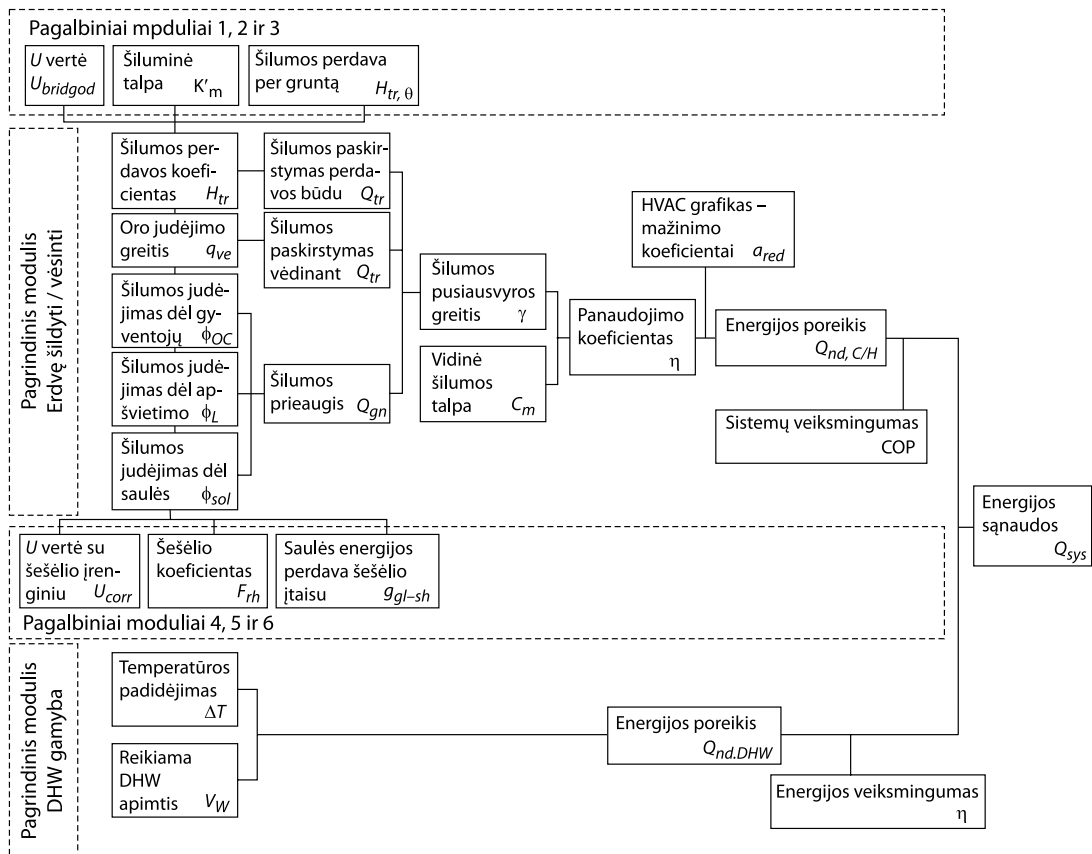
Miestas	Šalis	Klimato regionas	Platuma
Archangelskas	Rusija	Dfc	64
Atėnai	Graikija	Csa	37
Barselona	Ispanija	Csa	41
Berlynas	Vokietija	Cfb	52
Bilbao	Ispanija	Cfb	43
Bratislava	Slovakija	Cfb	48
Briuselis	Belgija	Cfb	50
Bukareštas	Rumunija	Cfa	44
Ciurichas	Šveicarija	Cfb	47
Estešundas	Švedija	Dfc	63
Genuja	Italija	Csb	44
Gracas	Austrija	Dfb	47
Hamburgas	Vokietija	Cfb	53
Helsinkis	Suomija	Dfb	60
Kijevas	Ukraina	Dfb	50
Kiruna	Švedija	Dfc	67
Koimbra	Portugalija	Csb	40
La Korunja	Ispanija	Csb	43
Lisabona	Portugalija	Csa	38
Liubliana	Slovėnija	Cfb	46
Londonas	Anglija	Cfb	50
Madridas	Ispanija	Csa	40
Marselis	Prancūzija	Csa	43
Maskva	Rusija	Dfb	55
Milanas	Italija	Cfb	45
Minskas	Baltarusija	Dfb	53
Miunchenas	Vokietija	Cfb	48
Monpeljė	Prancūzija	Csa	43
Nantas	Prancūzija	Cfb	47
Nica	Prancūzija	Csb	43
Oslas	Norvegija	Dfb	59
Paryžius	Prancūzija	Cfb	48
Portas	Portugalija	Csb	41
Praha	Čekija	Cfb	50
Roma	Italija	Csa	41
Salamanka	Ispanija	Csb	40
Salonikai	Graikija	Cfa	40
Sanremas	Italija	Csb	43
Sevilija	Ispanija	Csa	37
Stambulas	Turkija	Csa	40
Stokholmas	Švedija	Dfb	59
Tamperė	Suomija	Dfc	61
Timišoara	Rumunija	Cfb	45
Varšuva	Lenkija	Dfb	52
Viena	Austrija	Dfb	48
Vigas	Ispanija	Csb	42
Vilnius	Lietuva	Cfb	55

3.3.3. Energijos poreikio skaičiavimo būdas

Pritaikius požiūrį galima apskaičiuoti kiekvieno mėnesio energijos poreikį patalpoms šildyti, vėsinti ir karštam vandeniui ruošti (DHW). Siekiant nustatyti kiekvieno šiluminių skaičiavimų, patalpoms vėsinti ir patalpoms šildyti nario indėlių, būtina remtis keletu standartų (3.8 pav.).

Kaip matyti iš 3.8 pav., ISO 13790 (2008) yra pagrindinis naudojamas standartas, kuriuo atitinkami skaičiavimai nukreipiami į kitus standartus. Atsižvelgiant į karšto vandens ruošimo svarbą pastatų, daugiausia gyvenamųjų, energijos sąnaudoms, labai svarbu įvertinti jo dalį. Kaip minėta, tai atliekama pagal EN 15316-3-1 (2007) rekomendacijas.

Algoritmo, skirto energijos poreikiams apskaičiuoti, tvarka ir sandara pateikta 3.9 pav.



3.8 pav. Struktūrinė pastato energijos suvartojimo skaičiavimo schema

Pagalbinių modulių 1 ir 2 dalys, atitinkančios apdaro elementų U vertę ir šilumos talpą, buvo skaičiuotos vartotojo parinktiems makrokomponentams. Pagalbinis 3 modulis apima šilumos perdavą per grąntą. Pagalbiniai 4, 5 ir 6 moduliai ir jų paprogramės naudojami apskaičiuoti šešėlio įrenginiams ir šešėlio poveikiui dėl perdangos pavidalo plane. Tačiau tik stačiakampiai perdangų pavidalai yra vertinami dabartinėje AMECO versijoje.

3.3.3.1. Energijos poreikis šildyti ir vėsinti

(3.6) ir (3.7) išraiškos yra svarbiausios lygtys, apibrėžtos ISO 13790 (2008), padedančios nustatyti kiekybinį mėnesio (m) energijos poreikį, palaikant nenutrūkstamą ($cont$) sistemos veikimą (nuoroda į ISO 13790 dėl terminų):

$$Q_{H,nd,cont,m} = (Q_{H,tr,m} + Q_{H,ve,m}) - \eta_{H,gn,m} \cdot Q_{H,gn,m}, \quad (3.6)$$

$$Q_{C,nd,cont,m} = Q_{C,gn,m} - \eta_{C,ls,m} \cdot (Q_{C,tr,m} + Q_{C,ve,m}), \quad (3.7)$$

- čia $Q_{H,nd}$ – šiluminės energijos poreikis (kWh);
 $Q_{C,nd}$ – vėsinimo energijos poreikis (kWh);
 Q_{tr} – bendras šilumos paskirstymas perdavos būdu (kWh);
 Q_{ve} – bendras šilumos paskirstymas vėdinimo būdu (kWh);
 $\eta_{H,gn}$ – prieaugio panaudojimo koeficientas (-);
 $\eta_{C,ls}$ – prarasties panaudojimo koeficientas (-).

Metodika, kuria remiantis apskaičiuojamas visos šios energijos dalių poreikis, apžvelgiama tolesniuose skyriuose.

3.3.3.1.1. Šilumos paskirstymas perdavos būdu

Pastato šilumos balansas apima visus šilumos perdavos paskirstant rūšis:

- sienos;
- stogas;
- išorinės perdangos (jei yra);
- įstiklinimas (stiklas ir rėmai);
- pirmo aukšto grindys.

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.8)$$

$$H_{tr,adj} = H_{D,W} + H_{D,R} + H_{D,EF} + H_{D,Gl} + H_{GF}, \quad (3.9)$$

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i, \quad (3.10)$$

$$H_{GF} = b_{tr,g} \cdot A_i \cdot U_{GF}, \quad (3.11)$$

- čia Q_{tr} – bendras šilumos paskirstymas perdavos būdu (kWh);

$H_{tr,adj}$ – bendras šilumos perdavos koeficientas (W/K);

$\theta_{int,sec,H}$ ir $\theta_{int,sec,C}$ – pasirinktosios pastato zonos šildymo ir aušinimo režimų temperatūros (°C);

t – mėnesio trukmės pateiktos ISO 13790 (Ms);

H_D – šilumos paskirstymo perdavos būdu koeficientas išorės aplinkai (W/K), per: sienas, $H_{D,W}$; stogą, $H_{D,R}$; išorės perdangą, $H_{D,EF}$; įstiklinimo elementus, $H_{D,Gl}$;

H_{GF} – šilumos perdavos sklaidos būdu grunte koeficientas (W/K);

$b_{tr,g}$ – mėnesinis grunto pataisos koeficientas (W/K);

A_i – i elemento plotas (m²);

U_i – šilumos perdava i elementui (W/m²·K);

U_{GF} – grindų plokštės ir grunto elemento šilumos sklaida (W/m²·K).

Laikiniai sąryšiai, naudojami skaičiuojant, buvo gauti iš ISO13790 ir pateikiami 3.9 lentelėje.

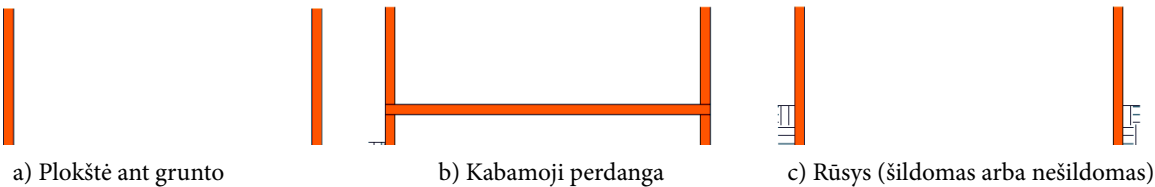
Visi šilumos perdavos koeficientai, išskyrus vieną, susijusį su šilumos sklaida per žemę, apskaičiuojami pagal EN ISO 6946: 2007.

3.9 lentelė. Laikiniai sąryšiai

	SAU	VAS	KOV	BAL	GEG	BIR	LIE	RGP	RGS	SPL	LAP	GRD
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mėnesio trukmė t, (Ms)	2,6784	2,4192	2,6784	2,5920	2,6784	2,5920	2,6784	2,6784	2,5920	2,6784	2,5920	2,6784
Mėnesio dienų skaičius	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Darbo dienų skaičius	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22

Šilumos perdava į gruntą

Šilumos perdava į gruntą kiekybiškai skiriasi atsižvelgiant į kiekvieną pirmojo aukšto grindų sistemą, parodytą 3.9 pav.



3.9 pav. Pirmojo aukšto grindys

Tai atliekama pagal ISO 13370:2007 nurodymus. Šilumos kiekis, perduotas į gruntą arba iš jo, apskaičiuojamas pertvarkant šilumos perdavos koeficientą, kuriuo siekiama atsižvelgti į papildomą izoliaciją, kurią sudaro gruntas. Be to, šilumos perdavos koeficientas taip pat pakoreguotas atsižvelgiant į mėnesio šilumos srautą, kuris apskaičiuojamas įvertinant grunto inercijos poveikį. Priimtosiios grunto šiluminės savybės pateikiamos 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Grunto šiluminiai rodikliai (ISO 13370:2007)

	Šilumos laidis λ [W/(m·K)]	Šiluminė talpa tūrio vienetui ρc [MJ/(m³·K)]
Molis arba dumblas	1,5	3,00
Smėlis arba žvyras	2,0	2,00
Vientisa uoliena	3,5	2,00
Numatytasis	2,0	2,00

Šilumos perdava per langus

Algoritmas apima duomenų bazę su vidutinėmis, kelių tipų langų (EN 15193) optinių ir šiluminių savybių vertėmis, kurios pateiktos 3.11 lentelėje. Čia $g_{gl,n}$ – saulės energijos spinduliuotinė perdava statmenai stiklui, U_{Gl} – lango šilumos perdava.

3.11 lentelė. Numatytosios langų optinės ir šiluminės savybės vertės

Angos tipas	$g_{gl,n}$	U_{Gl}
Vieno stiklo	0,87	5,8
Dvigubo stiklo	0,78	2,9
Dvigubo stiklo mažos spinduliuotinės gebos 1	0,72	1,7

Angos tipas	$g_{gl,n}$	U_{Gl}
Dvigubo stiklo mažos spinduliuotinės gebos 2	0,67	1,4
Dvigubo stiklo mažos spinduliuotinės gebos 3	0,65	1,2
Trigubo stiklo	0,7	2,0
Trigubo stiklo mažos spinduliuotinės gebos 1	0,5	0,8
Trigubo stiklo mažos spinduliuotinės gebos 2	0,5	0,6

Šilumos perdava per langus skaičiuojama (3.10) išraiška. Tačiau, siekiant atsižvelgti į teigiamą šešėlio įrenginių, kurie suaktyvinami naktį, poveikį, būtina iš dalies pakeisti šilumos perdavos koeficientą. Pataisyta šilumos perdava $U_{Gl,corr}$, W/m²·K, gaunama taip:

$$U_{Gl,corr} = U_{Gl+shut} \cdot f_{shut} + U_{Gl}(1 - f_{shut}), \quad (3.12)$$

čia $U_{Gl+shut}$ – lango ir langinių kartu šilumos perdava (W/m²·K);

f_{shut} – bedimensė sukauptos temperatūros skirtumo dalis laikotarpiui su langinėmis;

U_{Gl} – lango be langinių šilumos perdava.

Šilumos perdava per langą su aktyvintu šešėlio įrenginiu $U_{Gl+shut}$ apskaičiuojama pagal šią išraišką:

$$U_{Gl+shut} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Gl}} + R_{sh} + \Delta R}, \quad (3.13)$$

čia R_{sh} – langinių šiluminė varža (m²·K/W);

ΔR – papildoma šiluminė varža, esant konkrečiam langinių oro pralaidumui (m²·K/W).

Algoritme numatytosios ir vertės pateikiamos iš ISO 10077-1 (2007). Jos priklauso nuo langinių medžiagos ir jų oro pralaidumo (3.12 lentelė).

3.12 lentelė. Langinių šiluminė varža

Langinės tipas	R_{sh} [m ² ·K/W]	Oro pralaidumas		
		didelis / labai didelis	vidutinis	trumpas arba žemas
		ΔR [m ² ·K/W]		
Išorinės alumininės žaliuzės (neapšiltintos)	0,01	0,00	0,12	0,00
Išorinis nepermatomas medinis įrenginys (neapšiltintas)	0,10	0,00	0,16	0,00
Išorinės medinės žaliuzės (neapšiltintos)	0,10	0,00	0,16	0,00
Išorinės plastikinės žaliuzės (neapšiltintos)	0,10	0,00	0,16	0,00
Išorinės medinės pakeliamosios žaliuzės	0,01	0,09	0,00	0,00
Išorinės metalinės pakeliamosios žaliuzės	0,01	0,09	0,00	0,00
Išorinės nepermatomos ritininės užuolaidos	0,01	0,09	0,00	0,00
Išorinės skaidrios ritininės užuolaidos	0,01	0,09	0,00	0,00
Vidinės langinės	0,01	0,00	0,00	0,24
Vidinės nepermatomos užuolaidos	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidinės skaidrios užuolaidos	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidiniai nepermatomi mediniai įrenginiai	0,10	0,00	0,00	0,31
Išorinės plastikinės žaliuzės su putų užpildu	0,15	0,00	0,19	0,00
Medinės langinės nuo 25 mm iki 30 mm storio	0,20	0,00	0,22	0,00

Bedimensė laikotarpio su langinėmis sukauptos temperatūros skirtumo dalis, įtraukta į šią priemonę, buvo nustatyta iš valandinių reikšmių. Tai buvo laikoma lygu nakties laiko daliai (naktinė apsauga).

3.3.3.1.2. Šilumos paskirstymas vėdinant

Vienas iš pasyviųjų vėsinimo/šildymo būdų, siekiant optimizuoti šiluminį pastato naudingumą, yra nustatyti palankiausias pastato vėdinimo sąlygas. Žiemą, siekiant sumažinti šilumos nuostolius, priimtinau yra sumažinti ventiliacijos oro srautą, nes vasarą gali būti naudinga didinti vidaus oro srauto pokyčius, jei dėl išorinės temperatūros gaunama naudos iš šios pasyvaus būdo. Taigi algoritmas suteikia galimybę nustatyti skirtingus šildymo ir aušinimo oro srautų greičius.

Metodika, padedanti atsižvelgti į šilumos perdavimą vėdinant, nustatyta standarto ISO 13790: 2008 9.3 punkte. Pateikiamos tokios išraiškos:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.14)$$

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), \quad (3.15)$$

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}, \quad (3.16)$$

čia $\rho_a \cdot c_a$ – šiluminė oro tūrio talpa (J/m³·K);

$q_{ve,k,mn}$ – vidutinis elemento k oro srauto greitis per laiko vienetą (m³/s);

$b_{ve,k}$ – oro srauto elemento k temperatūros pataisos koeficientas (–).

Jei nėra išankstinio pašildymo sistemos (pvz., šilumos grąžinimo elemento), tuomet temperatūros pataisos koeficientas $b_{ve,k}$ yra lygus 1. Jei pastate yra įranga su šilumos grąžinimo elementu, tuomet:

$$b_{ve,k} = (1 - f_{ve,frac,k} \cdot \eta_{hru}), \quad (3.17)$$

čia $f_{ve,frac,k}$ – k elemento oro srauto dalis, pereinanti pro šilumos grąžinimo įrenginį;

η_{hru} – šilumos grąžinimo įrenginio veiksmingumas.

3.3.3.1.3. Vidaus šilumos prieaugis

Šiluma, išskiriama gyventojų ir prietaisų, skaičiuojama kaip vidaus prieaugis. Tai svarbi pastato šilumos balanso dalis. Algoritmas grindžiamas vartotojų duomenų ar numatytųjų reikšmių (imamų iš ISO 13790:2008), sudarytų iš savaitinio užimtumo grafiko ir atitinkamo šilumos srauto greičio, naudojimu. Išraiška, taikoma šilumos prieaugiui dėl vidinių šilumos šaltinių apskaičiuoti, yra tokia:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right) \cdot t, \quad (3.18)$$

čia $\Phi_{int,mn,k}$ – vidutinis šilumos srautas iš vidinio šaltinio k per laiko vienetą (W);

$\Phi_{int,mn,u,l}$ – vidutinis šilumos srautas iš vidinio šaltinio l gretimose nekondicionuojamose patalpose per laiko vienetą (W);

$b_{tr,l}$ – sumažinimo koeficientas dėl gretimų nekondicionuojamų patalpų;

t – mėnesio trukmė (Ms).

Pastate vidaus šilumos srautai gali būti iš:

– gyventojų;

– prietaisų.

3.13 lentelėje pateiktos etaloninės šilumos srautų, kuriuos išskiria gyventojai ir prietaisai, reikšmės.

3.13 lentelė. Šilumos srautas dėl gyventojų ir prietaisų gyvenamuosiuose pastatuose; tvarkaraščiai (pagal ISO 13790:2008)

Dienos	Valandos	Gyvenamasis kambarys ir virtuvė $(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}) / A_f$ [W/m ²]	Kitos kondicionuojami plotai (pvz., miegamieji) $(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}) / A_f$ [W/m ²]
Pirmadienis– penktadienis	07.00–17.00	8,0	1,0
	17.00–23.00	20,0	1,0
	23.00–07.00	2,0	6,0
Šeštadienis ir sekmadienis	07.00–17.00	8,0	2,0
	17.00–23.00	20,0	4,0
	23.00–07.00	2,0	6,0

3.3.3.1.4. Saulės šilumos priaugis

Šio tipo šilumos priaugis – kitas svarbus kintamasis pastato šilumos balanso lygtyje. Bendroji jo skaičiavimo išraiška yra tokia:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right) \cdot t, \quad (3.19)$$

čia $\Phi_{sol,mn,k}$ – vidutinis šilumos srautas iš saulės šilumos šaltinio k per laiko vienetą (W);

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ – vidutinis šilumos srautas iš saulės šilumos šaltinio l gretimose nekondicionuojamose patalpose per laiko vienetą (W);

$b_{tr,l}$ – sumažinimo koeficientas dėl gretimų nekondicionuojamų patalpų;

t – mėnesio trukmė (Ms).

Būtina apskaičiuoti veiksmingą kiekvieno elemento, veikiamo saulės spinduliuotės, surinkimo plotą. ISO 13790 (2008) pateikta metodika padeda atsižvelgti į šešėlio įrenginių poveikį, paties pastato šešėlius ir kitus nuo klimato priklausančius reiškinius. Tai pateikta kituose skirsniuose.

Šilumos srauto, gaunamo iš saulės, priaugis:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (3.20)$$

čia $F_{sh,ob,k}$ – šešėlio sumažinimo koeficientas dėl išorinių kliūčių (–);

$A_{sol,k}$ – veiksmingasis k elemento surinkimo plotas (–);

$I_{sol,k}$ – atsitiktinė saulės spinduliuotė į kvadratinį surinkimo ploto k metrą (W/m²);

$F_{r,k}$ – pastato k elemento ir dangaus skliauto koeficientas (–);

$\Phi_{r,k}$ – papildomas šilumos srautas dėl šiluminio spinduliavimo į dangų iš k elemento (W/m²).

Šešėlio sumažėjimo koeficiento dėl išorinių kliūčių $F_{sh,ob,k}$ šioje AMECO versijoje nepaisoma. Veiksmingasis įstiklintų elementų saulės šilumos surinkimo plotas apskaičiuojamas taip:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) A_{w,p}, \quad (3.21)$$

čia $F_{sh,gl}$ – judamojo šešėlio nuostatos šešėlio mažinimo koeficientas (–);

g_{gl} – skaidrios elemento dalies bendroji saulės energijos perdava (–);

F_F – lango rėmo ploto dalis (–);

$A_{w,p}$ – bendrasis prognozuojamas lango plotas (m²).

Galima atsižvelgti į teigiamą šešėlio įrenginių, naudojamų languose (pvz., vėsinimo sezonu), poveikį. Tam būtina nustatyti šešėlio nuostatos šešėlio mažinimo koeficientą:

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}, \quad (3.22)$$

čia g_{gl+sh} – bendroji saulės energijos perdava per langą, kai šešėlio nuo saulės įrenginys aktyvintas;
 $f_{sh,with}$ – laiko, kai naudojamas šešėlio nuo saulės įrenginys, svertinė dalis.

Priimtosios Saulės energijos perdavos per langą vertės, aktyvinius šešėlio įrenginį g_{gl+sh} , pateiktos 3.14 lentelėje. Jos buvo gautos iš RCCTE (2006).

3.14 lentelė. Lango su šešėlio įrenginiu saulės energijos perdava, g_{gl+sh}

Šešėlio įrenginio tipas	Šešėlio įrenginio spalva		
	Šviesi	Vidutinė	Tamsi
Išorinis nepermatomas medinis įrenginys (neapšiltintas)	0,03	0,05	0,06
Išorinės medinės žaliuzės (neapšiltintos)	0,04	0,05	0,07
Išorinės aliumininės žaliuzės (neapšiltintos)	0,04	0,07	0,09
Išorinės plastikinės žaliuzės (neapšiltintos)	0,04	0,07	0,09
Išorinės medinės žaliuzės	0,08	0,08	0,08
Išorinės metalinės žaliuzės	0,09	0,09	0,09
Išorinės nepermatomos ritininės užuolaidos	0,04	0,06	0,08
Išorinės skaidrios ritininės užuolaidos	0,16	0,18	0,2
Vidinės langinės	0,47	0,59	0,69
Vidinės nepermatomos užuolaidos	0,37	0,46	0,55
Vidinės skaidrios užuolaidos	0,39	0,48	0,58
Vidiniai nepermatomi mediniai įrenginiai	0,35	0,46	0,58
Išorinės plastikinės žaliuzės (apšiltintos)	0,04	0,07	0,09
Medinės langinės nuo 25 mm iki 30 mm storio	0,04	0,05	0,07

Šešėlio nuo saulės įrenginio naudojimo svertinė dalis $f_{sh,with}$ apskaičiuojama kiekvienai padėčiai ir pagrįsta valandine saulės spinduliuote (nustatyta naudojant „EnergyPlus“, kuris remiasi Perez modeliu, norint atlikti saulės poveikio skaičiavimus). Tai yra laiko, kai saulės spinduliuotė yra aukščiau nustatyto taško tam tikroje padėtyje, dalis.

Tuo atveju, kai lango stiklas yra nesklaidus ir be šešėlio įrenginio, bendroji saulės energijos perdava g_{gl} apskaičiuojamas taip:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w \quad (3.23)$$

čia F_w – nesklaidaus stiklo pataisos koeficientas (–);

$g_{gl,n}$ – saulės energijos perdava spinduliuojant statmenai stiklui ar SHGC (–).

Tačiau jei yra šešėlio įrenginiai lange yra arba jei stiklas yra sklaidus, tuomet būtina apskaičiuoti vidutinę per laiko vienetą saulės perdavą, pagrįstą tiesioginių ir išsklaidytųjų saulės spinduliuotės dalių svertine suma. Šis rodiklis apskaičiuojamas kiekvienam mėnesiui:

$$g_{gl} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt} (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif}, \quad (3.24)$$

$$alt_{gl} = \frac{\sum_1^n \alpha_i \cdot I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{dir,i}}, \quad (3.25)$$

$$a_{gl} = \frac{\sum_1^n I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{sol,i}}, \quad (3.26)$$

čia a_{gl} – svertinis koeficientas, priklausantis nuo lango padėties (orientacijos, posvyrio), klimato ir sezono (–);

$g_{gl,alt}$ – saulės energijos perdava saulės spinduliuote nuo tam tikro aukščio kampo alt_{gp} , nusakančio lango padėtį (orientaciją, posvyrį), klimato ir sezoną (–);

$g_{gl,dif}$ – saulės energijos perdava izotropine išsklaidytąja saulės spinduliuote (–);

$I_{dir,i}$ – tiesioginė vidutinė saulės spinduliuotė per valandą i (W/m^2);

I_{sol} – bendroji vidutinė saulės spinduliuotė per valandą i (W/m^2);

α_i – saulės spindulių kritimo kampas ($^\circ$);

n – mėnesio valandų skaičius.

Tiesioginė ir bendroji saulės spinduliuotė ir saulės spindulių kritimo kampas $I_{dir,i}$, I_{sol} ir α_i atitinkamai buvo gauti „EnergyPlus“, kuri remiasi Perez modeliu atliekant saulės poveikio skaičiavimus.

Santykinė lango rėmo dalis F_F apskaičiuojama pagal ISO 10077-1 (2006). Gali būti naudojamos reikšmės 0,2 arba 0,3, priklausomai nuo to, kurią reikšmę naudojant gaunama didžiausia lango perdavos reikšmė. Pagal ISO 13790 11.4.5 skirsnį bendras projektinis lango plotas $A_{w,p}$ apima stiklą ir rėmus, nes šiluminės lango savybės priskirtinos visam elementui (stiklui ir rėmui). Be to, ši metodika taip pat pateikta ISO 13789:2007 B priede.

Veiksmingasis nepermatomų elementų saulės sugerties plotas apskaičiuojamas tokia išraiška:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (3.27)$$

čia $\alpha_{s,c}$ – bedimensis nepermatomo elemento saulės spinduliuotės sugerties koeficientas;

R_{se} – bedimensis nepermatomo elemento saulės spinduliuotės sugerties koeficientas ($m^2 \cdot K/W$);

U_c – nepermatomos dalies šilumos perdava, apskaičiuota pagal ISO 6946:2007 ($W/m^2 \cdot K$);

A_c – nepermatomo elemento projektinis (į plokštumą, lygiagrečią su paviršiumi) plotas (m^2).

Bedimensis saulės spinduliuotės sugerties koeficientas priklauso nuo nepermatomo elemento išorinio paviršiaus spalvos, kaip parodyta 3.15 lentelėje (RCCTE 2006).

3.15 lentelė. Nepermatomo elemento saulės spinduliuotės sugerties koeficientas (RCCTE 2006)

Spalva	$\alpha_{s,c}$
Šviesi	0,3
Vidutinė	0,5
Tamsi	0,8

Atsitiktinė saulės spinduliuotė $I_{sol,k}$ yra vidutinė vieno skaičiuotinio mėnesio vieno laiko etapo vertė. Akivaizdu, kad ji priklauso nuo klimato, platumos ir padėties (orientacijos ir posvyrio).

Elemento ir dangaus skliauto veiksnys $F_{r,k}$ gali būti imamas lygus atitinkamai 1,0 ir 0,5 šešėlių neuždengtiems gultiesiems ir statiesiems elementams.

Šiluminė spinduliuotė į dangų $\Phi_{r,k}$ skaičiuojama pagal saulės šilumos prieaugį. Tačiau šis šilumos perdavimas spinduliuojant dėl temperatūrų skirtumo tarp elemento paviršiaus (tarus, kad ji yra lygi išorės temperatūrai) ir dangus skliauto pagal (3.28) formulę yra būdas apskaičiuoti šį šilumos perdavimo reiškinį:

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (3.28)$$

čia h_r – išorės spinduliuotės šilumos perdavimo koeficientas ($W/m^2 \cdot K$);

$\Delta\theta_{er}$ – vidutinis išorės oro temperatūros ir tikrosios dangaus temperatūros skirtumas ($^{\circ}C$).

Standarto ISO 13790:2008 nuostatos, kad išorinis spinduliuotės šilumos perdavimo koeficientas h_r ($W/m^2 \cdot K$) gali būti imamas kaip 5ε (ε – medžiagos spinduliuotė), o tai atitinka vidutinę paviršiaus ir dangaus temperatūrą, lygią $10^{\circ}C$.

Pagal ISO 13790 (11.4.6 skirsnis) vidutinis išorės oro temperatūros ir tikrosios dangaus temperatūros skirtumas $\Delta\theta_{er}$ gali būti imamas $9^{\circ}C$ subpoliariniams regionams, $13^{\circ}C$ – tropikams ir $11^{\circ}C$ – tarpinėms zonoms.

3.3.3.1.5. Dinaminiai rodikliai

Šildymo režimo prieaugio naudojimo koeficientas $\eta_{H,gn,m}$ apskaičiuojamas taip:

$$\text{Jei } \gamma_H > 0 \text{ ir } \gamma_H \neq 1, \text{ tai } \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}, \quad (3.29)$$

$$\text{Jei } \gamma_H = 1, \text{ tai } \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}, \quad (3.30)$$

$$\text{Jei } \gamma_H < 0, \text{ tai } \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H}, \quad (3.31)$$

čia $\gamma_H = Q_{H,gn} / Q_{H,ht}$ – šilumos balanso santykis;

$a_H = a_{H,0} + \tau / \tau_{H,0}$ – bedimensis rodiklis;

$\tau = C_m / H$ – pastato zonos ir šiluminės pastato inercijos, į kurią atsižvelgiama šilumos perdavos paskirstymu bei vėdinimu, laiko konstanta;

$a_{H,0}$ ir $\tau_{H,0}$ – bedimensiai rodikliai, kurių reikšmės imamos 1 ir 15 (ISO 13790 reikšmės).

Vėsinimo režimo mėnesinis išnaudojimo koeficientas gaunamas pagal vieną iš tokių išraiškų:

$$\text{Jei } \gamma_C > 0 \text{ ir } \gamma_C \neq 1, \text{ tai } \eta_{C,Is} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}, \quad (3.32)$$

$$\text{Jei } \gamma_C = 1, \text{ tai } \eta_{C,Is} = \frac{a_C}{a_C + 1}, \quad (3.33)$$

$$\text{Jei } \gamma_C < 0, \text{ tai } \eta_{C,Is} = 1, \quad (3.34)$$

Rodikliai, kuriais remiantis gauti naudojamo koeficientai, yra panašūs į pateiktuosius šildymo režimui, bet su reikšmėmis, atitinkančiomis vėsinimo režimą (bedimensiai rodikliai $a_{C,0}$ ir $\tau_{C,0}$ taip pat imami atitinkamai lygūs 1 ir 15 iš ISO 13790).

Pastato vidaus masę įtraukta į skaičiavimus naudojant pastato zonos laiko konstantą τ , išreikštą valandomis. Ši reikšmė gaunama taip:

$$\tau = \frac{C_m}{3600 \cdot (H_{tr,adj} + H_{ve,adj})}, \quad (3.35)$$

čia C_m – pastato ar pastato zonos vidaus šiluminė talpa (J/K);

$H_{tr,adj}$ – bendrasis šilumos perdavos koeficientas, gautas remiantis (3.9) išraiška;

$H_{ve,adj}$ – bendrasis šilumos perdavos koeficientas, gautas remiantis (3.15) išraiška.

Pastato vidaus šiluminė talpa C_m (J/K) buvo skaičiuota kaip visų pastato konstrukcinių elementų, turinčių tiesioginį sąlytį su pastato vidaus oru, šiluminių talpų (ISO 13790) suma:

$$C_m = \sum_j k_j \cdot A_j, \quad (3.36)$$

čia k_j – vidaus šiluminė talpa vienam pastato konstrukcinio j elemento ploto vienetui (J/K·m²);

A_j – pastato konstrukcinio j elemento paviršiaus plotas (m²).

Vidaus k_j ploto šiluminė talpa apskaičiuota kiekvienam makrokomponentui pagal EN ISO 13786:2007 A priedo nuorodas, kurios numato supaprastintą šio metodo vertinimą.

Siekiant greitai nustatyti pastato vidaus šiluminę talpą, ISO 13790 pateikia vieno pastato kvadratinio metro numatytąsias reikšmes, esant tam tikrai pastato klasei. Jos pateikiamos 3.16 lentelėje ir tinka mėnesio bei sezono metodams.

3.16 lentelė. Nustatytosios vidaus šilumos talpos reikšmės (ISO 13790 2008)

Klasė	C_m , [J/K]
Labai lengva	80 000 A_f
Lengva	110 000 A_f
Vidutinė	165 000 A_f
Sunki	260 000 A_f
Labai sunki	370 000 A_f

čia A_f – grindų plotas.

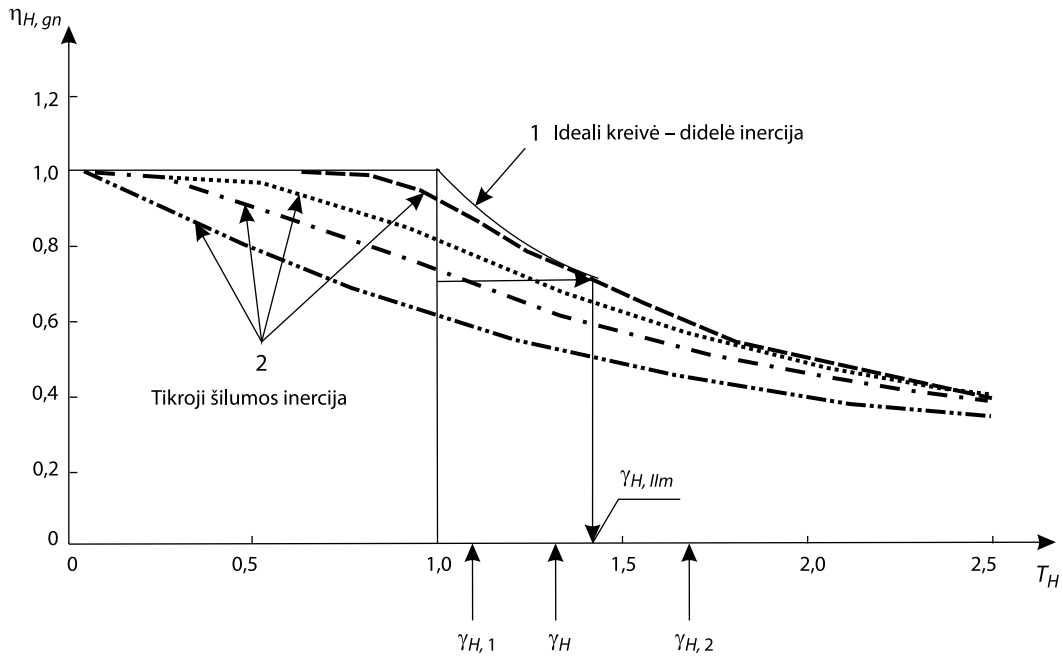
Šildymo ir vėsinimo mėnesių trukmė

Siekiant atlikti mėnesių, kai yra vėsinama arba šildoma, energijos poreikio įvertinimą, ISO 13790 pateikiamu du vertinimo būdai, grindžiami šilumos balanso santykiu ir bedimensiais rodikliais a_c ir a_H . Nors nurodytame standarte siūlomi du būdai, tačiau tik vienas jų yra išsamiai išanalizuotas ir čia pateiktas (skirsnis 7.4.1.1 – B metodas), todėl jį yra įmanoma įtraukti į skaičiavimą.

Šildymo režimas

Santykinės mėnesio dalies įvertinimas, jei yra energijos poreikis šildyti patalpas, pradedamas idealus šilumos balanso santykio $\gamma_{H,lim}$, atitinkančio idealų prieaugio naudojimo koeficientą $\eta_{H,gn}$, skaičiavimu. Įgyjama vertė, kuri energijos poreikį šildyti patalpas padaro nulinį. Tai grindžiama begaline idealaus pastato šilumine inercija, čia $\gamma_{H,lim} = 1,0$, todėl $\eta_{H,gn} = 1,0$. Tačiau tikro pastato šiluminė inercija yra baigtinė, ne visi šilumos šaltiniai veiksmingai šildo patalpas ir prisideda prie vidaus temperatūros didėjimo iki komfortiškos temperatūros (dėl perkaitimo). Taigi prieaugio naudojimo koeficientas yra mažesnis, todėl reikia turėti daugiau prieaugio, norint nustatyti šilumos balanso lygtį – padaryti energijos poreikį lygų nuliui. Tai negalioja šilumos perdavai (jei šilumos balanso santykis yra mažesnis nei 1, tai reiškia, kad

šilumos perdava yra didesnė nei šilumos prieaugis; kadangi šilumos naudojimo koeficiento vertė negali būti imama didesnė nei 1, tai energijos poreikis negali būti lygus nuliui, vadinasi, neįmanoma nustatyti optimalaus šilumos balanso santykio, mažesnio už 1,0). Tai grafiškai parodyta 3.11 pav.



3.10 pav. Parametrai, siekiant nustatyti mėnesio vėsinimo ar šildymo energijos poreikio dalį (ISO 13790)

Optimalus šilumos balanso santykis apskaičiuojamas taip:

$$\gamma_{H,lim} = \frac{(a_H + 1)}{a_H}. \quad (3.37)$$

Jei būtina suskaičiuoti mėnesio šildymo poreikio santykinę dalį, reikia nustatyti γ_H mėnesio pradžioje ir pabaigoje. γ_H vidutinė mėnesių pradžios reikšmė nustatoma kaip γ_H vertinamo ir ankstesnio mėnesių vidurkis. Mėnesio pabaigos γ_H rodiklis nustatytas pagal vertinamo ir kito mėnesio γ_H vidurkius. Be to, reikalingi du nauji rodikliai – $\gamma_{H,1}$ ir $\gamma_{H,2}$. Pirmasis gautas kaip mažiausioji iš dviejų γ_H reikšmių, apskaičiuotų ankstesniu būdu, o $\gamma_{H,2}$ atitinka didžiausią reikšmę. Šie rodikliai ($\gamma_{H,1}$ ir $\gamma_{H,2}$) yra mėnesio šilumos balanso pradžios ir pabaigos santykiai, apskaičiuojami taip:

$$\text{Jei } \gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim}, \text{ tai } f_H = 1. \quad (3.38)$$

$$\text{Jei } \gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim}, \text{ tai } f_H = 0. \quad (3.39)$$

(3.39) išraiška reiškia, kad jei mėnesio pradžios ar pabaigos šilumos balanso santykis yra mažesnis už optimalų, tuomet tą mėnesį nebus poreikio patalpas šildyti. Tačiau jei nė viena iš šių sąlygų neatitinka, skaičiuojama taip:

$$\text{Jei } \gamma_H > \gamma_{H,lim}, \text{ tai } f_H = 0,5 \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}}{\gamma_H - \gamma_{H,1}}. \quad (3.40)$$

$$\text{Jei } \gamma_H \leq \gamma_{H,lim}, \text{ tai } f_H = 0,5 + 0,5 \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_H}{\gamma_{H,2} - \gamma_H}. \quad (3.41)$$

Šių lygčių logika yra tokia pat kaip (3.38) ir (3.39), skirtumas tas, kad (3.40) ir (3.41) lygtyje γ_H yra vidutinė mėnesio reikšmė, o ne mėnesio pradžios arba pabaigos reikšmė.

Šildymo sezono trukmė taip pat gali būti nustatoma kaip f_H apskaičiuotų kiekvienam mėnesiui, suma, t. y.:

$$L_H = \sum_{m=1}^{12} f_{H,m}. \quad (3.42)$$

Vėsinimo režimas

Pagrindimas, padarytas esant šildymo režimui, gali būti taikytas ir esant aušinimo režimui. Taigi jo-kių papildomų paaiškinimų šiuo atveju nėra. Mėnesio su aušinimo energijos poreikiu santykinė dalis skaičiuojama naudojant optimalaus šilumos balanso atvirkštinį santykį $\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim}$. Šis rodiklis skaičiuojamas taip:

$$\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim} = \frac{(a_C + 1)}{a_C}. \quad (3.43)$$

Tuomet ribiniai rodikliai $\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_1$ ir $\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_2$ gaunami remiantis išraiškomis:

$$\text{Jei } \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_2 < \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim}, \text{ tai } f_C = 1. \quad (3.44)$$

$$\text{Jei } \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_1 > \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim}, \text{ tai } f_C = 0. \quad (3.45)$$

Kalbant apie šildymo režimą, tai jei nė viena iš šių sąlygų nėra įvykdyta, tuomet:

$$\text{Jei } \left(\frac{1}{\gamma_C}\right) > \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim}, \text{ tai } f_C = 0,5 \frac{\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim} - \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_1}{\left(\frac{1}{\gamma_C}\right) - \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_1}. \quad (3.46)$$

$$\text{Jei } \left(\frac{1}{\gamma_C}\right) \leq \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim}, \text{ tai } f_C = 0,5 + 0,5 \frac{\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_{lim} - \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)}{\left(\frac{1}{\gamma_C}\right)_2 - \left(\frac{1}{\gamma_C}\right)}. \quad (3.47)$$

Aušinimo sezoną taip pat galima apskaičiuoti sudedant visus kiekvieno mėnesio f_C , kaip pateikta (3.48) išraiškoje

$$L_C = \sum_{m=1}^{12} f_{C,m}. \quad (3.48)$$

Energijos poreikis su pertrūkiais veikiančioms sistemoms

Kai HVAC sistemos veikia pagal grafiką (t. y. režimu su pertraukomis), ISO 13790 (2008) pateikiamos nuorodos, kaip nustatyti sumažintus energijos poreikius, grindžiamus skaičiavimais kaip nenutrūksta-mam režimui, anksčiau pateiktomis (3.6) ir (3.7) išraiškomis. Tai nustatyta sumažinus šildymo ir vėsi-nimo energijos poreikį $Q_{H,nd}$ ir $Q_{C,nd}$ bedimensiu mažinimo koeficientu, skirtu su pertrūkiais vykdo-mam vėsinimui ir šildymui, atitinkamai $a_{C,red}$ ir $a_{H,red}$. Taip pat čia naudojama mėnesio su energijos poreikiu, esant šildymo ir vėsimo režimams $f_{H,m}$ ir $f_{C,m}$, santykinė dalis. Taigi:

$$Q_{H,nd,interm,m} = f_{H,m} \cdot a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont,m}. \quad (3.49)$$

$$Q_{C,nd,interm,m} = f_{C,m} \cdot a_{C,red} \cdot Q_{C,nd,cont,m}. \quad (3.50)$$

Pastato laiko konstanta τ ir šilumos balanso rodikliai γ_H ir γ_C taip pat turi poveikį energijos poreikių mažinimo koeficientui dėl pertraukiamo HVAC sistemų veikimo, kaip matyti iš šių lygčių:

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \cdot \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \gamma_H (1 - f_{H,hr}), \text{ su } f_{H,hr} \leq a_{H,red} \leq 1,0, \quad (3.51)$$

$$a_{C,red} = 1 - b_{C,red} \cdot \frac{\tau_{C,0}}{\tau} \gamma_C (1 - f_{C,day}), \text{ su } f_{C,day} \leq a_{C,red} \leq 1,0, \quad (3.50)$$

čia b_{red} – pastovus rodiklis imamas lygus 3 (tiek šildymo, tiek vėsinimo režimams);

$f_{H,hr}$ – santykinė valandų, kai sistemos veikia, dalis;

$f_{C,day}$ – apibūdina santykinę savaitės dienų skaičiaus dalį, kai sistemos veikia.

3.3.3.2. Energijos poreikis karštam vandeniui ruošti (DHW)

Energijos poreikis ruošti karštą vandenį MJ/mėn. apskaičiuojamas pagal EN 15316-3-1 (2007). Jis priklauso nuo pastato tipo, jo grindų ploto ir įvade tiekiamo vandens bei norimo vandens, tekančio iš čiaupo, temperatūrų skirtumo:

$$Q_{DHW,nd,m} = 4,182 V_{W,m} \cdot (\theta_{W,t} - \theta_{W,O}), \quad (3.53)$$

čia $V_{W,m}$ – mėnesinis karšto vandens (DHW) poreikis, kaip nurodyta EN 15316-3-1 (2007);

$\theta_{W,t}$ – karšto vandens (DHW), tekančio iš čiaupo, temperatūra [$^{\circ}\text{C}$];

$\theta_{W,O}$ – įvade tiekiamo vandens temperatūra [$^{\circ}\text{C}$].

Vieno gyvenamojo namo paros karšto vandens poreikio nustatymas pagrįstas grindų plotu ir apskaičiuojamas (m^3/diena) taip:

$$V_W = \frac{a \cdot N_U}{1000}, \quad (3.54)$$

čia a – vieneto reikalavimas, grindžiamas 60°C vandens litrais per dieną;

N_U – vienetų, į kuriuos reikia atsižvelgti, skaičius.

Mėnesinis karšto vandens (DHW) poreikis $V_{W,m}$ gali būti patenkinamas padauginus dienos poreikį V_W iš mėnesio dienų skaičiaus.

Rodikliai a ir N_U priklauso nuo pastato tipo ir jo užimtumo/veiklos. Jie gali būti apskaičiuojami atsižvelgiant į grindų plotą A_f :

$$\text{Jei } A_f > 30 \text{ m}^2, \text{ tai } a = \frac{62 \cdot \ln(A_f) - 160}{A_f}. \quad (3.55)$$

$$\text{Jei } 15 \leq A_f \leq 30 \text{ m}^2, \text{ tai } a = 2. \quad (3.56)$$

3.3.3.3. Energijos suvartojimas

Apskaičiuojant energijos poreikį, nėra atsižvelgiama į pastate įdiegtų patalpų kondicionavimo ir karšto vandens (DHW) gamybos sistemų veiksmingumą. Algoritmas atsižvelgia į tai, kad pastatas gali turėti skirtingo veiksmingumo sistemas, nors tai pasitaiko ne taip dažnai, pavyzdžiui, šildymo ir vėsinimo naudingumo koeficientas (COP) yra toks pats. Taigi kiekvienos energijos poreikis (patalpas vėsinti, patalpas šildyti, ruošti karštą vandenį) yra susijęs su atitinkamos įrangos veiksmingumu. Bendroji išraiška energijos sąnaudoms apskaičiuoti galėtų būti taikoma kiekvieno energijos tipo poreikiui:

$$Q_{cons} = \frac{Q_{nd}}{\eta_{sys}}, \quad (3.57)$$

čia Q_{nd} – energijos poreikis;

η_{sys} – sistemos veiksmingumas.

Priimtos sistemos energinio veiksmingumo nustatytosios reikšmės ir suvartotos energijos tipas yra pateikti lentelėse (3.17–3.19). Dauguma šių reikšmių gautos iš RCCTE (2006).

Bendros pastato energijos sąnaudos nustatomos sudedant visus suvartotos energijos kiekius:

$$Q_{Tot,cons} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,sys}} + \frac{Q_{C,nd}}{\eta_{C,sys}} + \frac{Q_{DHW,nd}}{\eta_{DHW,sys}}. \quad (3.58)$$

Pirminė energija skaičiuojama sudauginant perskaičiavimo koeficientą F_{pu} [kgoe/kWh] ir energijos sąnaudas:

$$Q_{Tot,prim} = F_{H,pu} \cdot Q_{H,cons} + F_{C,pu} \cdot Q_{C,cons} + F_{DHW,pu} \cdot Q_{DHW,cons}. \quad (3.59)$$

Perskaičiavimo nuo energijos sąnaudų (ar vartojimo) į pirminę energiją koeficientas priklauso nuo kiekvienos sistemos kuro (ar energijos tipo). Numatytosios vertės buvo nustatytos iš RCCTE (2006) ir pateiktos 3.20 lentelėje.

3.17 lentelė. Patalpų šildymo sistemos veiksmingumas ir vartojama energija

Šildymo sistema	$\eta_{H,sys}$	Energijos tipas
Elektrinė varžinė	1	Elektra
Dujinis šildytuvas	0,87	Dujinis kuras
Skystojo kuro šildytuvas	0,8	Skystasis kuras
Kietojo kuro šildytuvas	0,6	Kietasis kuras
Atskiroji (šildymas)	4	Elektra

3.18 lentelė. Patalpų vėsinimo sistemos veiksmingumas ir vartojama energija

Vėsinimo sistema	$\eta_{C,sys}$	Energijos tipas
Atskiroji (vėsinimo)	3	Elektra
Šaldymo įrenginys (kompresorinio ciklo)	3	Elektra
Šaldymo įrenginys (absorbicijos ciklo)	0,8	Elektra

3.19 lentelė. DHW sistemos veiksmingumas ir vartojama energija

Šildymo sistema	$\eta_{DHW,sys}$	Energijos tipas
Elektrinis katilas	0,9	Elektra
Dujinis katilas	0,6	Dujos
Autonominis šildytuvas (kondensacinis)	0,72	Dujos
Autonominis šildytuvas	0,4	Dujos

3.20 lentelė. Vartojamos energijos perskaičiavimo į pirminę energiją koeficientas (RCCTE 2006)

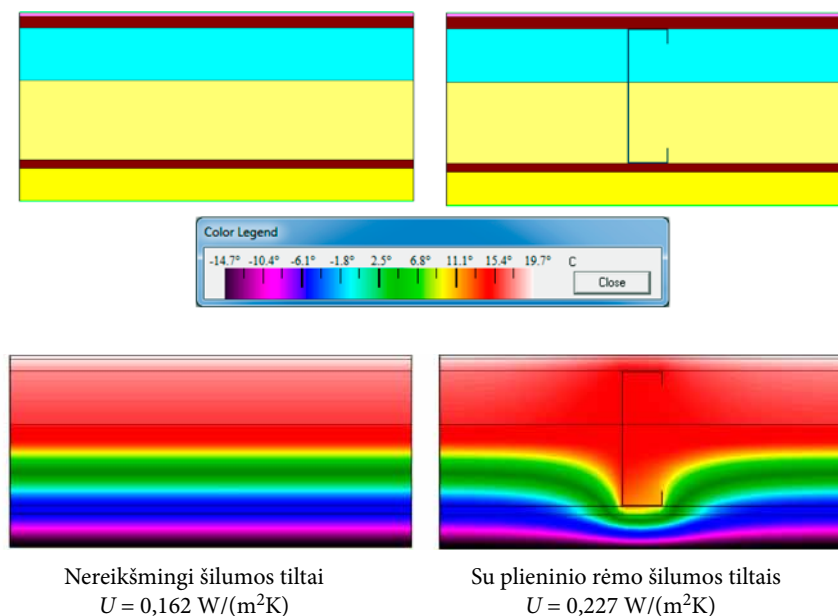
Energijos tipas	F_{pu} [kgoe/kWh]
Elektra	0,29
Dujos, skystasis ar kietasis kuras	0,086

3.3.3.4. Šiluminė inercija

Dėl šiluminės inercijos pastato vidaus šiluminė talpa C_m apskaičiuota, kaip siūloma ISO 13790 ir anksčiau pateikta (3.36) išraiška. Kiekvieno makrokomponento vidaus šiluminė talpa į ploto vienetą buvo skaičiuojama vadovaujantis EN ISO 13786 (2007) A priedo nuostatomis. Tai yra supaprastinta tvarka, pagrįsta šilumos bangos įsiskverbimo gyliu, apskaičiuotu medžiagoms, esančioms ties vidiniu paviršiumi, kuris ir yra tinkamas šiam skaičiavimui. Čia aprašytu būdu sluoksnių šiluminė talpa vertinama tol, kol pasiekiamas didžiausias 100 mm storis (skaičiuojant nuo vidinio paviršiaus).

3.3.3.5. Šilumos tiltai

Į pasikartojančių šilumos tiltų (pvz., atsirandančių dėl plieno smeigių, kaip parodyta 3.11 pav.), esančių konstrukcinių elementų viduje (pvz., sienų ir plokščių), poveikį atsižvelgiama skaičiuojant šilumos perdavą (U vertę). Siaurų ir ilgų bei neištisinių šilumos tiltų poveikis labai mažas. Ši U vertė įtraukta į programinės įrangos kiekvieno makrokomponento duomenų bazę.



3.11 pav. Lengvųjų išorinės perdangos plieninių rėmų šilumos tiltų poveikis tiekiamiems šilumos kiekiam

Šilumos tiltų elementų U vertė buvo nustatyta ISO 6946 (2007) 6 skyriuje pateiktu ir Gorgolewskio (2007) ištobulintu metodu, nors pirma jis buvo taikomas tuo atveju, jei apšiltinimo sluoksnyje nebuvo plieninių rėmų sudarytų šilumos tiltų. Antrasis būdas remiasi pastato konstrukcinio elemento dviejų šiluminės varžos ribų ir pataisos koeficientų, priklausančių nuo smeigės matmenų ir žingsnio, nustatymu. Apatinė riba apskaičiuota taip: sudedant lygiagrečių sluoksnių šilumos varžas, t. y. tarus, kad kiekviena plokštuma yra tos pačios temperatūros. Viršutinė šiluminės varžos riba yra taip pat apskaičiuojama sudedant kiekvieno šilumos kelio varžas.

Kai elemente nėra šilumos tiltų, tuomet taikomas vientisų sluoksnių metodas, kuriuo atsižvelgiama į nuoseklią šiluminių varžų grandinę.

3.3.4. Algoritmo sutikrinimas

Siekiant patikrinti ir pagerinti algoritmo tikslumą bei numatyti eksploatacinę energiją pastato patalpoms šildyti ir vėsinti, remiantis ISO 13790 mėnesiniu kvazipastovaus būvio metodu, buvo atliktos kelios patikros ir kalibravimo procedūros.

Pirma, mėnesinio algoritmo tikslumas tikrintas atliekant dvylika bandymų su vienu biuro skyriumi. Bandymai numatyti standarte EN 15265. Tačiau tikrieji pastatai yra daug sudėtingesni, turintys daugiau nei vieną skyrį, todėl algoritmas taikytas daugiabučiam gyvenamajam pastatui, naudojant pataisos koeficientus, taikomus keturioms pagrindinėms pastato šilumos balanso sudedamosioms dalims, taip pat naudojant bedimensius dinامينius rodiklius.

Galiausiai 4.2 skyriuje gautasis suderintas algoritmas yra patvirtintas, taikant jį tyrimo atvejui (mažaukščiame gyvenamajame namui) ir lyginant gautus rezultatus su rezultatais, gautais taikant pažangią dinaminę analizę ir naudojant „DesignBuilder“ ir „EnergyPlus“ programas.

3.3.4.1. Tikslumo patikra pagal EN 15265

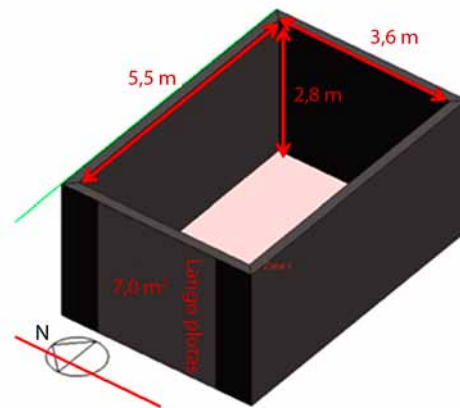
Šiame skyriuje pristatoma keletas bandymų, atliktų siekiant patikrinti, ar mėnesinis algoritmas yra tikslus visais 12 bandymų atvejų (žr. 3.21 lentelę), kaip numatyta EN 15265 (2007), atliktų su vienu biuro skyriumi (žr. 3.12 pav.). Šiame standarte pateikiamas kambarys su įstiklintu elementu vakarų pusėje. Analizuojama skirtingomis ribinėmis sąlygomis, variantai yra vidaus ir saulės energijos prieaugiai ir dviejų tipų šildymo / vėsinimo režimai: pastovus ir kintamas. Kiekvienu iš dvylikos bandymo atvejų laikoma, kad standartas pateikia konkrečios vietos šildymo ir vėsinimo energijos poreikių nuorodinius rezultatus (Trappes, Prancūzija), kurios klimato duomenys taip pat nurodyti valandinėmis išorės oro temperatūros ir saulės spinduliuotės vertėmis.

3.21 lentelė Bandymai pagal EN 15265 (2007), kuriais siekiama, naudojant dinامينius metodus, patvirtinti energijos poreikio patalpoms šildyti ir vėsinti skaičiavimus

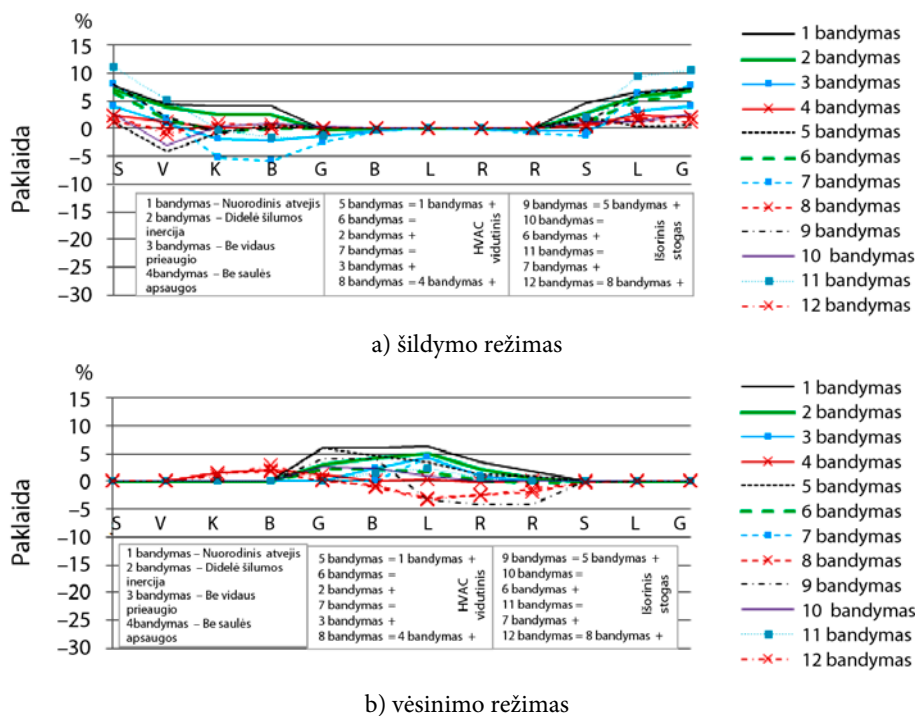
Informacinis	Norminis		Norminis	
1 bandymas. Nuorodinis atvejis	5 bandymas = bandymas 1 +	Kintantis HVAC (tik 8.00–18.00 nuo pirm. iki penkt.)	9 bandymas = 5 bandymas +	Išorinis stogas
2 bandymas. Didelė šilumos inercija	6 bandymas = bandymas 2 +		10 bandymas = 6 bandymas +	
3 bandymas. Nėra vidinio prieaugio	7 bandymas = bandymas 3 +		11 bandymas = 7 bandymas +	
4 bandymas. Be saulės apsaugos	8 bandymas = bandymas 4 +		12 bandymas = 8 bandymas +	

Buvo svarbu įvertinti visų šilumos balanso sąlygų tikslumą, bet tai nėra numatyta EN 15265 standarte, taigi bandymų atvejai taip pat buvo apskaičiuoti naudojant „DesignBuilder“ pažangaus dinaminio skaičiavimo programinę įrangą, o tai leido pasinaudoti ir „EnergyPlus“ energijos modeliavimo algoritmu. Siekiant atlikti energijos poreikio skaičiavimus, bandymo kambarys buvo įtrauktas tiek į dinaminę programinę įrangą, tiek ir į mėnesinį algoritmą. 3.13 pav. parodytos paklaidos, gautos laikantis kvazipastovaus būvio prielaidos, taikomos kas mėnesį (su nuoroda į dinaminio modeliavimo rezultatus, naudojant „EnergyPlus“ algoritmą) ir išreikštos viso metinio energijos poreikio procentine dalimi. Kaip

matyti iš 3.13 pav., didžiausia mėnesio paklaida yra mažesnė kaip 12 %. Paklaida yra didesnė vasaros ir žiemos mėnesiais esant atitinkamai vėsinimo ir šildymo režimams.



3.12 pav. Biuro skyriaus modelis, kaip numatyta EN 15265



3.13 pav. Algoritmo (mėnesio kvazipastovaus būvio metodas) mėnesinės paklaidos – pagalbiniai rezultatai: „EnergyPlus“ (valandinis sudėtingesnis dinaminis metodas)

3.3.4.2. Kalibravimo koeficientai

Mėnesio kvazipastovaus būvio prielaida pagrįsta keletu supaprastinimų, palyginus su pažangiu dinamiu modeliavimu (paremtu valandiniais duomenimis). Keletas rodiklių, tiesiogiai lemiančių šiuos skirtumus:

- kiekvieno klimato regiono dinaminiai mėnesinio naudojamo koeficientai $\eta_{H,gn,m}$ ir $\eta_{C,ls,m}$ laikomi pastoviais ir nepriklausomais nuo klimatinių duomenų ir užimtumo grafiko;
- įvairios energijos rūšys Q_{tr} , Q_{ve} , Q_{int} ir Q_{sol} apskaičiuotos esant pastovioms, numatytosioms šildymo ir vėsinimo sezonų vidaus temperatūroms.

Todėl, nepaisant geros kvazipastovaus mėnesio būvio prielaidos, atsižvelgiant į standarte EN 15265 numatytus tikrų pastatų elgsenos bandymų atvejus ir sudėtingesnių priemonių sutaptis, naudojimo

sąlygos ir skirtingas klimatas gali labai paveikti rezultatus, gautus supaprastintuoju metodu. Tai pripažįstama ir standarte ISO 13790, kuriame teigiama, kad galimi skirtumai svyruoja nuo 50 % iki 150 %. Tai numatyta kiekvieno mėnesio naudojimo koeficientų apskaičiavimo tvarkoje (ISO 13790 1 priedas).

Siekiant sumažinti šią galimą sklaidą, nauji pataisos koeficientai buvo nustatyti ir suderinti, siekiant pagerinti įvairių energijos rūšių įvertinimą: (i) šilumos perdavimo paskirstant; (ii) šilumos perdavimo vėdinant; (iii) vidaus šilumos prieaugio; (iv) saulės šilumos prieaugio, kaip aprašyta (3.60)–(3.62) išraiškėmis:

$$H_{tr,adj,c} = f_{tr} \cdot H_{tr,adj} \rightarrow Q_{tr,m} = H_{tr,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.60)$$

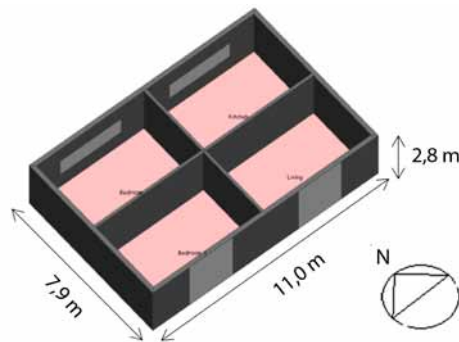
$$H_{ve,adj,c} = f_{ve} \cdot H_{ve,adj} \rightarrow Q_{ve,m} = H_{ve,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot tt, \quad (3.61)$$

$$Q_{gn} = f_{int} \cdot Q_{int,m} + f_{sol} \cdot Q_{sol,m} t, \quad (3.62)$$

čia $H_{tr,adj,c}$ – pataisyta šilumos perdava paskirstant; f_{tr} – šilumos perdavos paskirstant pataisos koeficientas; $H_{ve,adj,c}$ – pataisyta šilumos perdava vėdinant; f_{ve} – pataisytos šilumos perdavos vėdinant koeficientas; f_{int} – vidaus šilumos prieaugio pataisos koeficientas; f_{sol} – saulės prieaugio be šiluminės spinduliuotės į dangų pataisos koeficientas. Atkreiptinas dėmesys, kad skirtingi pataisos koeficientai buvo suderinti kiekvienam klimato regionui.

Be minėtų pagrindinių keturių šilumos perdavimo sudedamųjų dalių pataisos koeficientų, bedimensiai rodikliai a_{HO} , τ_{HO} , a_{CO} ir τ_{CO} taip pat buvo suderinti kiekvienam klimato regionui.

Taigi mėnesio algoritmo esmė – pastatų poreikio prognozavimas, užuot sutelkus dėmesį tik vieną pastato skyrių prognozavimą, kaip nurodyta EN 15265 (2007). Visi derinimai buvo atlikti taikant naują bandymo sąranką, remiantis būdingaisiais pastato rodikliais (butas), kaip parodyta 3.14 pav.



3.14 pav. Pastato modelio, naudojamo tikrinamiesiems bandymams atlikti, pavyzdys, padedantis suderinti mėnesio algoritmą

Šiais bandymo atvejais naudojamos tos pačios šiluminės savybės, kaip apibrėžta EN 15265 (2007) tyrimų atvejais (žr. 3.22 lentelę), tačiau su skirtingomis kraštinėmis sąlygomis (neadiabatinės sienos ir stogas), ir didžiausias grindų plotas (79,2 m²). Priimta, kad oro srauto greitis yra vienas oro pasikeitimas per valandą (konstanta).

3.22 lentelė. Apdaro šiluminiai rodikliai atliekant derinimo bandymus

Elementas	U vertė, [W/m ² ·K]	κ_m , [J/m ² ·K]
Išorinė siena	0,493	81297
Vidinė siena	–	9146
Stogas	0,243	6697
Pirmojo aukšto grindys	–	63380

Svarbūs kalibravimo modelių keitiniai yra susiję su užimtumu ir sistemų veikimo grafiku, nes EN 15265 (2007) bandymo atvejai sudaryti biurų skyriams. Taigi užimtumo grafikai ir atitinkami šilumos srautai gyvenamiesiems pastatams buvo paimti iš ISO 13790 (2008), kaip pateikta 3.13 lentelėje.

Atsižvelgiant į įstiklinimo ploto svarbą saulės šilumos prieaugiui ir šilumos nuostolių perdavai, buvo nagrinėti skirtingi sienos ir grindų plotų santykiai, kaip nurodyta 3.23 lentelėje. Taip pat derinimo procese buvo nagrinėti atvejai su šešėlio įrenginiu ir be jo.

3.23 lentelė. Pagrindiniai bandymų kintamieji, naudoti derinant priemonę

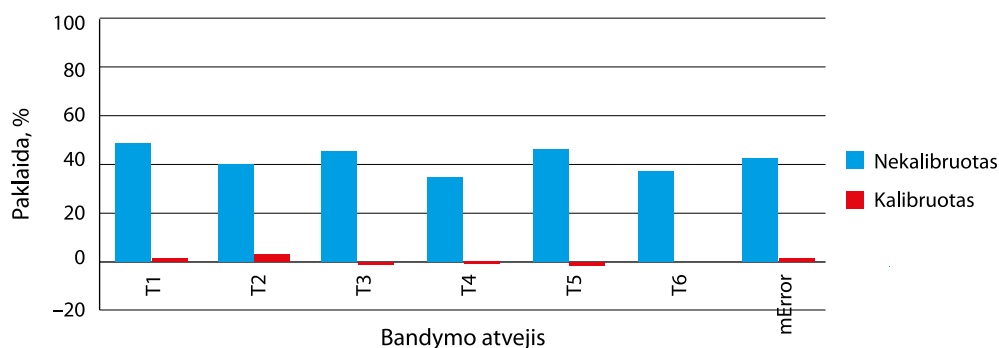
Bandymas	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Šešėlio įrenginys
T1	35	36	54	Ijungtas
T2				Išjungtas
T3	25	20	40	Ijungtas
T4				Išjungtas
T5	15	12	24	Ijungtas
T6				Išjungtas

GFR: įstiklinimo ir grindų plotų santykis;

NGWR į šiaurę orientuoto įstiklinimo ir sienos santykis;

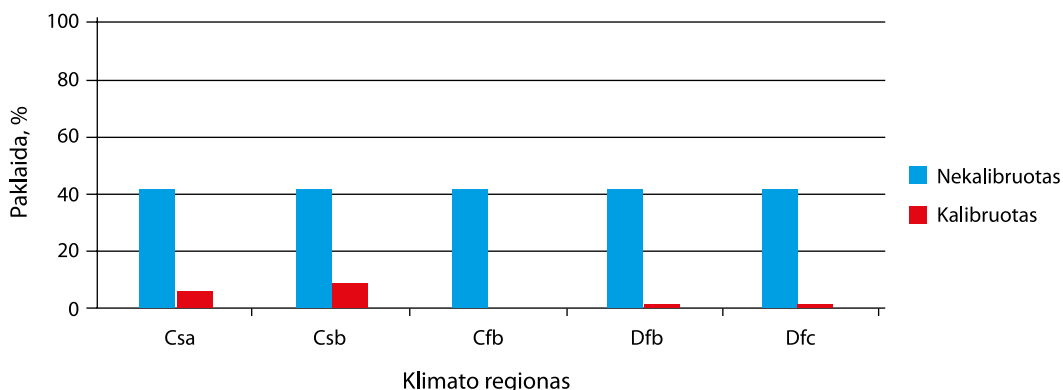
SGWR: į pietus orientuoto įstiklinimo ir sienos santykis.

Visi bandymų atvejai buvo vykdyti penkiuose skirtinguose klimato regionuose: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc. Pataisos koeficientai buvo gauti mažinant kiekvieno bandymų atvejo pogrupio paklaidą kiekvienam klimato regionui, kai kuriais atvejais tai pasiekė 500 variantų. 3.15 pav. parodytas tikslumo pagerinimas su pataisos koeficientais Dfb klimato zonai ir be jų, kurios vidutinė absoliuti paklaida nuo 43 % sumažinta iki mažiau nei 2 %.



3.15 pav. ISO 13790 mėnesinio metodo, skirto DFB klimato regionui, tikslumo gerinimas: bendrasis metinis energijos poreikis patalpoms šildyti ir vėsinti

3.16 pav. apibendrinami čia išspręstų penkių klimato regionų patobulinimai. Pažymėtina, kad, be pataisų metodo, šaltesnio klimato tikslumas yra mažesnis, didžiausia paklaida atsiranda Dfc klimato regionui, o mažiausia – Csb klimato regionui. Mėnesinis metodas nėra toks tikslus vertinant energijos poreikius šalčiausiais mėnesiais, o palyginimas su dinaminiu metodu įrodė, kad šilumos prieaugis yra veiksmingesnis patalpoms šildyti nei taikant supaprastintąjį metodą. Šis poveikis yra dar svarbesnis ir akivaizdesnis, kai saulės šilumos prieaugis yra mažesnis. Naudojant pataisos koeficientus visos paklaidos yra mažesnės nei 10 %.



3.16 pav. Vidutinė mėnesinio metodo paklaida su kalibravimo koeficientu ir be jo

Atkreipkite dėmesį, kad buvo skirtingos paklaidos skaičiuojant su šešėlio įrenginiu ir be jo. Dėl šios priežasties šiais dviem atvejais pataisos koeficientai išsiskyrė. 3.24 ir 3.25 lentelėse pateikiami įvairūs pataisos koeficientai, išskirstyti kalbant apie judamų šešėlio įrenginių naudojimą.

3.24 lentelė. Gautieji pataisos koeficientai, kai šešėlio įrenginiai aktyvinti

Šešėlio įrenginiai aktyvinti (ON)												
Regionas	Šildymo režimas						Vėsinimo režimas					
	a_{HO}	τ_{HO}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{CO}	τ_{CO}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	1,00	15,67	1,00	1,00	0,90	0,93	1,20	15,00	1,07	1,00	0,83	0,90
Csb	1,33	15,00	1,00	1,07	0,97	0,93	1,10	15,00	1,03	1,10	0,97	1,00
Cfb	1,33	15,00	0,93	0,83	1,10	1,07	1,30	15,00	1,00	1,00	1,00	1,03
Dfb	1,30	14,67	0,83	0,90	1,25	1,25	1,00	15,00	1,07	1,07	0,97	1,00
Dfc	1,25	14,33	0,83	0,83	1,17	1,50	1,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00

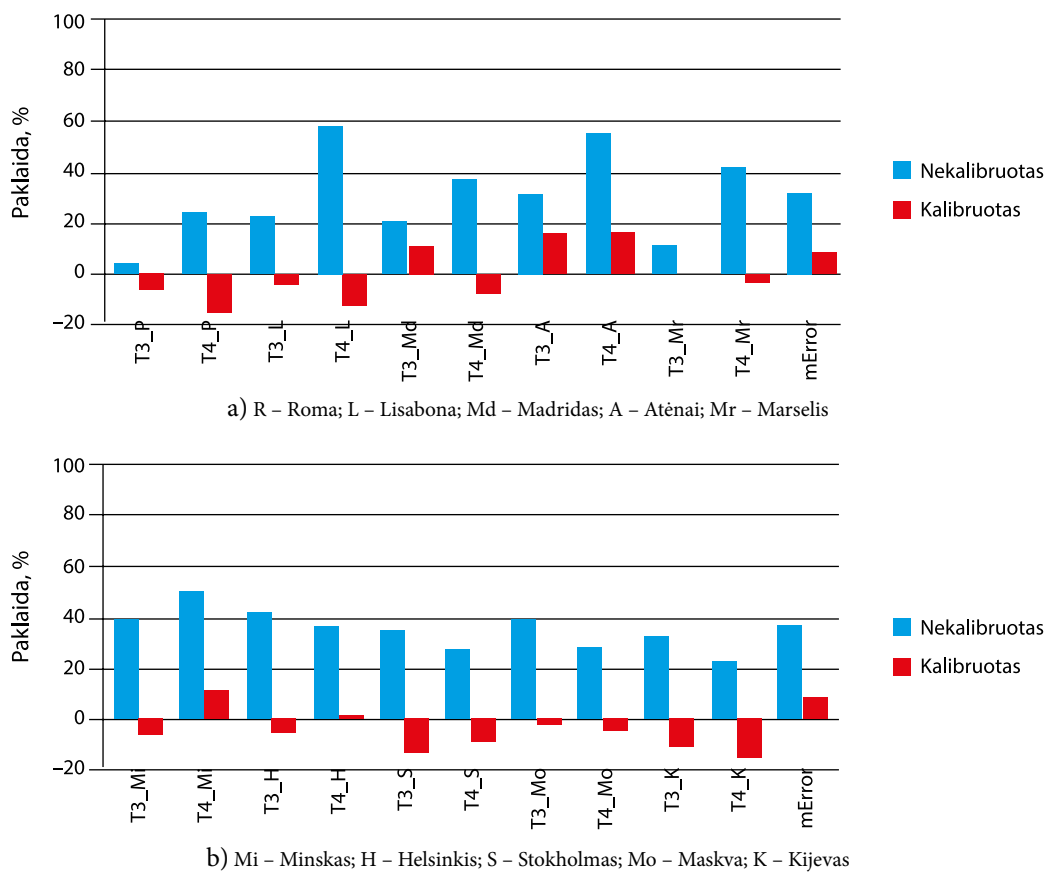
3.25 lentelė. Gautieji kalibravimo koeficientai, kai šešėlio įrenginiai neaktyvinti

Šešėlio įrenginiai neaktyvinti (OFF)												
Regionas	a_{HO}	τ_{HO}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{CO}	τ_{CO}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	0,93	15,00	1,00	1,00	1,03	1,03	1,25	15,00	1,17	1,33	0,83	0,90
Csb	1,13	15,00	1,00	0,97	1,03	1,00	0,93	15,00	1,08	1,17	0,87	0,87
Cfb	1,17	15,00	1,00	0,93	1,00	1,03	1,08	15,00	1,08	1,33	0,90	0,87
Dfb	1,33	15,00	0,93	0,87	1,17	1,10	1,20	15,00	1,00	1,00	0,83	0,90
Dfc	1,50	14,00	0,80	0,80	1,07	1,20	1,00	15,00	1,17	1,17	0,92	0,90

Taigi naudojant mėnesinį algoritmą galima įvertinti skirtingus šešėlio įrenginių aktyvinimo režimus žiemą ir vasarą. Kalibravimo koeficientai, pateikti 3.24 lentelėje, buvo imti skaičiuojant vėsinimo režimą, o kiti, skaičiuojant šildymo režimą, imti iš 3.25 lentelės.

Pataisos koeficientai buvo pritaikyti 3 ir 4 bandymo atvejams (įstiklinimo ir grindų plotų santykis 25 %, 3.23 lentelė), penkiems miestams, esantiems klimato regionuose Csa ir Dfb. Tuo buvo siekiama nustatyti paklaidą vertinant skirtingų vietovių klimatą. 3.17 pav. parodyta, kad paklaidos, kaip ir tikėtasi, skiriasi dėl vietovės. Didžiausia paklaida nustatyta Atėnams (16,2 %) ir Kijevui (15,5 %), esantiems

atitinkamai Csa ir Dfb klimato regionuose. Vis dėlto vidutinė šių dviejų klimatinių regionų paklaida yra mažesnė nei 10 % (Csa – 8,2 %, o Dfb – 7,9 %).



3.17 pav. Derinimo tikslumo patikra, taikant įvairiems klimato regionų miestams: a – Csa; b – Dfb

4. PATVIRTINTŲ BŪDŲ ĮTEISINIMAS

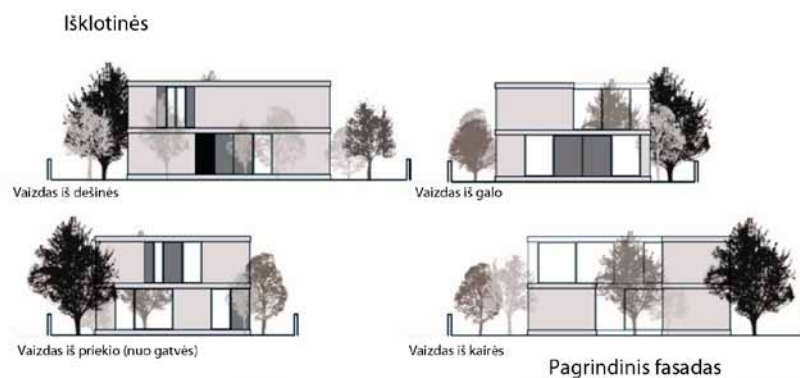
Šiame skyriuje pateikiamas ankstesniuose skyriuose aprašytas patvirtintų būdų įteisinimas. Abiem atvejais atliekamas pavyzdžio tyrimas, taikant supaprastintuosius būdus, o rezultatai lyginami su rezultatais, gautais sudėtingesniais būdais. Sudėtingiau nagrinėta naudojant komercinę programinę įrangą *GaBi 6* (2012) ir *DesignBuilder* (2012) tvermei įvertinti ir energijos kiekiui nustatyti.

4.1. MAKROKOMPONENTŲ BŪDO ĮTEISINIMAS

Makrokomponentų būdo įteisinimas grindžiamas pavyzdžio tyrimu nagrinėjant mažaaukštį gyvenamąjį pastatą Portugalijoje. Šiuo būdu gauti rezultatai palyginti su sudėtingesnio nagrinėjimo rezultatais, gautais naudojant *GaBi* programinę įrangą. Skaičiavimai atlikti pastato lygmeniu.

4.1.1. Pavyzdžio tyrimo apibūdinimas

Pastatas yra vienos šeimos dviaukštis gyvenamasis namas Koimbroje (Portugalija). Pastato fasadai ir planai pateikti atitinkamai 4.1 ir 4.2 pav.



4.1 pav. Pastato fasadai



4.2 pav. Pastato aukštų planai

Statinio bendrasis plotas – apie 202 m², iš kurių 100,8 m² – pirmame aukšte ir 100,8 m² – antrame aukšte (20,2 m² terasoje). Pastato aukštis – 6 m.

Pastato planuose taip pat pateiktos įstiklintos angos. Statinio apdaro plotai apibendrinti 4.1 lentelėje.

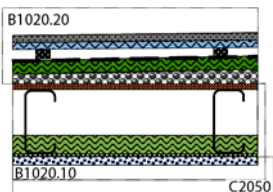
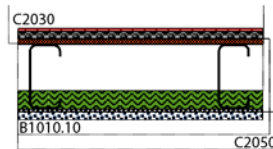
4.1 lentelė. Pirminio tarpsnio sienų ir stiklų plotai

	Šiaurė [m ²]	Rytai [m ²]	Pietūs [m ²]	Vakarai [m ²]	Iš viso [m ²]
Sienos	41,3	49,9	38,3	60,4	189,9
Stiklai	13,0	17,3	15,6	4,3	50,2

4.1.2. Makrokomponentų pasirinkimas

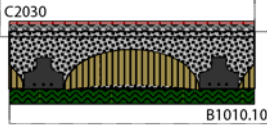
Kad būtų galima vertinti pastato tvermę, pagrindiniams pastato komponentams, nurodytiems 4.2 lentelėje, o būtent daliai virš pamato, išoriniam sienų apdarui ir vidiniams paviršiams, pasirenkamos sudedamosios dalys.

4.2 lentelė. Makrokomponentai

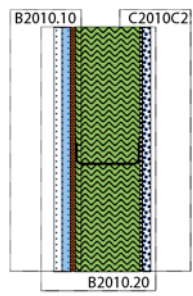
	Makrokomponentas	Medžiagos sluoksniai	Storis [mm] Tankis [kg/m ³]	U vertė [W/m ² ·K]	κ _m [J/m ² ·K]
Stogo plokštė					
	B1020.20 Stogo paklotas, plokštės ir lakštiniai profiluočiai	Cementinė plokštė	30 mm		
		XPS plokštė	30 mm		
		Oro tarpas	30 mm		
		Vandeniui atspari plėvelė	1.63 kg/m ²		
		XPS	0 mm		
		Betono išlyginamasis sluoksnis	40 mm		
	B1020.10 Stogo laikantysis sijynas	OSB	18 mm	0,37 ^(*)	13435
		Oro tarpas	80 mm		
		Akmens vata	120 mm		
		Lengvi plieniniai elementai	17 kg/m ²		
		Gipskartonio plokštė	15 mm		
	C2050 Lubų apdaila	Dažų danga	0,125 kg/m ²		
Tarpaukštinė perdanga					
	C2030 Grindys	Keraminės plytelės	31 kg/m ²		
		Betono išlyginamasis sluoksnis	13 mm		
	B1010.10 Perdangos laikantysis sijynas	OSB	18 mm		
		Oro tarpas	160 mm		
		Akmens vata	40 mm	–	61062

	Makrokomponentas	Medžiagos sluoksniai	Storis [mm] Tankis [kg/m ²]	U vertė [W/m ² ·K]	κ _m [J/m ² ·K]
		Lengvi plieniniai elementai	14 kg/m ²		
		Gipskartonio plokštė	15 mm		
	C2050 Lubų apdaila	Dažų danga	0,125 kg/m ²		

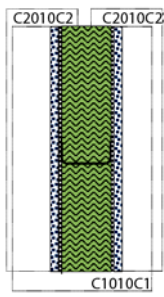
Rūsio perdanga

	C2030 Grindys	Keraminės plytelės	31 kg/m ²		
		Betono išlyginamasis sluoksnis	13 mm		
	B1010.10 Perdangos laikantysis sijynas	Surenkamoji gelžbetoninė plokštė	180 mm	0,599	65957
		XPS	40 mm		

Išorinė siena

	B2010.10 Išorinis apdailinis sienos sluoksnis	ETICS	13,8 kg/m ²		
	B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija	OSB	13 mm		
		Akmens vata	120 mm		
		Lengvieji plieniniai elementai	15 kg/m ²		
		Gipskartonio plokštė	15 mm	0,29 ^(*)	13391
	C2010 Vidinė sienos apdaila	Dažų danga	0,125 kg/m ²		

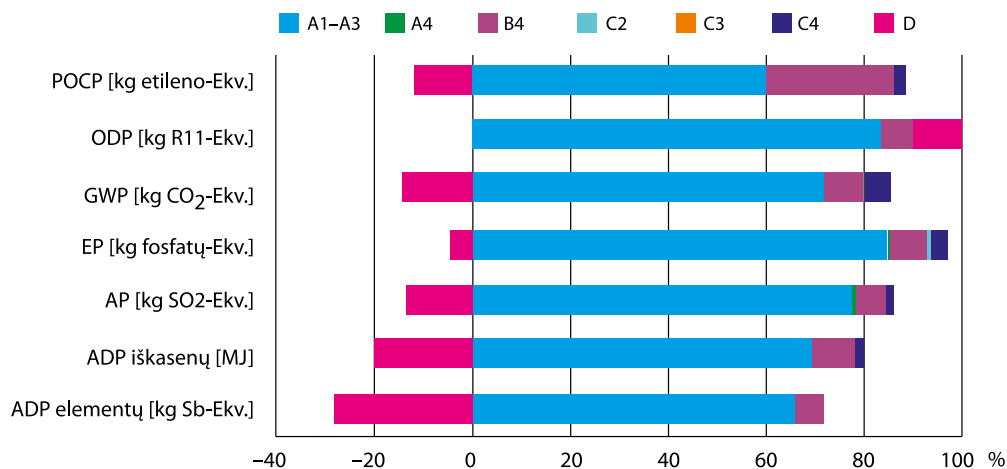
Vidinė siena

	C2010 Vidinė sienos apdaila	Dažų danga	0,125 kg/m ²		
	C1010 Vidinės pertvaros	Gipskartonio plokštė	15 mm		
		Akmens vata	60 mm		
		Lengvi plieniniai elementai	10 kg/m ²	–	26782
		Gipskartonio plokštė	15 mm		
	C2010 Vidinė sienos apdaila	Dažų danga	0,125 kg/m ²		

^(*) Dėl šilumos tiltelių pakoreguotos reikšmės

4.1.3. Makrokomponentų būdo taikymas

Atsižvelgiant į statinio geometriją ir į naudojamus pasirinktus makrokomponentus (nurodytus 4.2 lentelėje), atliekami viso pastato aplinkosauginiai skaičiavimai 50 metų trukmei. Rezultatai parodyti 4.3 pav., atsižvelgiant į EN 15978 aprašytus modulius. Šis grafikas rodo kiekvieno modulio indėlį poveikio kategorijoms. Kaip matyti šiame grafike, medžiagų gamyba (A1–A3 moduliai) dominuoja visose poveikio kategorijose (įneša didesnę nei 60 % indėlį).



4.3 pav. Modulių indėlis į aplinkosaugos kategorijas

Naudojimo tarpsnis (B4 modulis) ir perdirbimo bei medžiagų atstatos tarpsnis (D modulis), po kurių eina gyvavimo pabaigos tarpsnis (C2–C4 moduliai), daro didelį poveikį daugeliui poveikio kategorijų. 4.3 pav. D modulio neigiamos vertės rodo teigiamą šio konkretaus sprendimo poveikį, gautą dėl medžiagų perdirbimo ir (arba) atstatos nugriovus pastatą. Kiekvienos aplinkosauginės kategorijos rezultatai apibendrinti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Pastato tvermės aplinkosauginis nagrinėjimas

Aplinkosauginė kategorija	Iš viso
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	1,11E-01
ADP iškasenų [MJ]	4,38E+05
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,35E+02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,53E+01
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	3,54E+04
ODP [kg R11-Ekv.]	1,00E-03
POCP [kg etileno-Ekv.]	3,71E+01

4.1.4. Palyginimas su detaliu tvermės nagrinėjimu

Šiame skyriuje nagrinėtas vienos šeimos namas, atsižvelgiant į visas pastato detales ir tvermės tarpsnius. Čia pademonstruotas tvermės nagrinėjimas užpildo pirmiau aprašyto makrokomponentų būdo trūkumus, būtent pastato pamatų statybos etapuose (A5 modulis). Tvermė nagrinėta GaBi 6 programine įranga (2012).

Pastato pamatai yra iš armuotojo betono, pastato pirmas lygis yra 50 cm aukščiau žemės lygio. Gyvavimo pabaigoje armuotasis betonas perdirbamas, įvertinant tuos pačius perdirbimo rodiklius.

Statybos tarpsniu (A5 modulis) įvertinami šie procesai: (i) statybietės paruošimas (žemės iškasimas ir gabenimas į saugojimo vietą); (ii) statybos procesas (statybinės įrangos naudojimas statinio konstrukcijai sumontuoti ir šakinio krautuvo laikančiosioms plokštėms montuoti). Įvertinta, kad statinio statyba užtruks 1,5 mėnesio. 4.4 pav. pateikti tvermės nagrinėjimo rezultatai, apimantys visus tvermės tarpsnius.



4.4 pav. Pastato tvermės nagrinėjimas

Medžiagų gamybos tarpsnis (A1–A3 moduliai) dominuoja tarp visų poveikio kategorijų (turėdamas didesnę nei 60 % indėlį). Statybos tarpsnis (A4–A5 moduliai) yra nereikšmingos svarbos, kinta nuo 0 % visose ODP, POCP ir ADP_{elementų} kategorijose iki apytiksliai 2,1 % ADP_{iškasenų} aplinkosaugos kategorijoje. Naudojimo (B4 modulis) ir perdirbimo bei medžiagų atstatos (D modulis) tarpsniai įneša didelį indėlį į daugumą poveikio kategorijų, po kurių eina gyvavimo pabaigos tarpsnis (C2–C4 moduliai). Pažymėtina, kad šios išvados buvo pasiektos dar paprastuoju būdu, nepaisant jo ribotumo.

Kiekvienos poveikio kategorijos supaprastintojo būdo lyginamosios paklaidos detalaus nagrinėjimo atžvilgiu nurodytos 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Kiekvienos poveikio kategorijos paklaida taikant makrokomponentų būdą

ADP elementų	ADP iškasenų	AP	EP	GWP	ODP	POCP
0,0 %	–2,4 %	–1,3 %	–1,3 %	–1,3 %	–0,1 %	–0,5 %

Daugumos aplinkosaugos kategorijų paklaida yra nereikšminga. Natūralu, kad kitų konstrukcinių sistemų nagrinėjimas gali parodyti didesnę statybos tarpsnio svarbą. Todėl, nepaisant makrokomponentų būdo trūkumų, pasiūlytu metodu gauti rezultatai atitinka detalaus tvermės nagrinėjimo rezultatus.

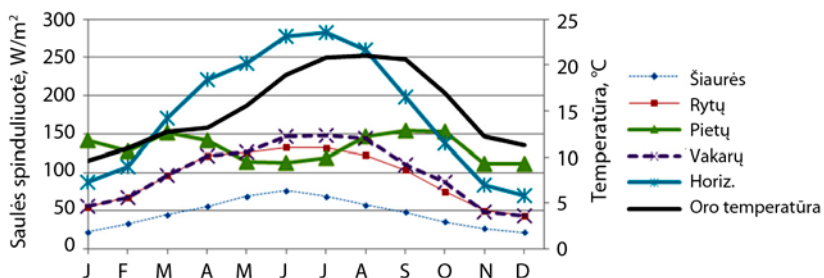
4.2. ENERGIJOS POREIKIŲ SKAIČIAVIMO BŪDO ĮTEISINIMAS

Priimto energijos poreikių skaičiavimo būdo įteisinimas grindžiamas to paties pavyzdžio nagrinėjimu. Visi papildomi įvesties duomenys ir skaičiavimo tvarka aprašyti tolimesniuose skyriuose.

Priimtuoju būdu gauti rezultatai lyginami su sudėtingesnio dinaminio nagrinėjimo, naudojant *DesignBuilder / EnergyPlus* (2012), rezultatais.

4.2.1. Klimato duomenys ir šiluminiai žemės rodikliai

Statins yra Koimbroje, kuri priklauso Csb. klimato zonai. Oro temperatūros ir bendrosios saulės spinduliuotės mėnesinės reikšmės pateiktos 4.5 pav.



4.5 pav. Koimbros klimato duomenys: saulės spinduliuotė ir išorės oro temperatūra

Šiluminiai dirvožemio rodikliai buvo priimti kaip numatyta – kokie pateikti 3.10 lentelėje.

4.2.2. Su naudojimu susiję duomenys

Naudojimo ir šilumos srauto režimas dėl vidinių apkrovų (gyventojų veiklos, įrenginių ir apšvietimo) buvo įvertintas pagal nustatytąsias reikšmes, pateiktas ISO 13790 ir 3.13 lentelėje. Komforto temperatūra laikyta 20 °C ir 25 °C atitinkamai žiemos ir vasaros sezonams.

4.2.3. Pastato tarnybos

Techninei informacijai ir pastato tarnybų režimui (šildymas, vėsinimas, vėdinimas ir karšto vandens ruošimas) taip pat buvo įvertintas nustatytųjų reikšmių, nurodytų 4.5 lentelėje, rinkinys.

4.5 lentelė. Pastato sistemų įvesties duomenys (nustatytosios reikšmės)

Pastato tarnyba	Reikšmės
Oro kondicionavimas (nustatymas 20–25 °C) ⁽¹⁾	COP Šildymas = 4,0 COP Vėsinimas = 3,0
Karšto vandens ruošimas ⁽²⁾	Veiksmingumas: 0,9
Vėdinimas + infiltracijos lygis ⁽³⁾ (pastovios reikšmės)	0,6 ac/h (šildymo būvis) 1,2 ac/h (vėsinimo būvis)

⁽¹⁾ iš ISO13790 (2008) – G.12 lentelės;

⁽²⁾ pagal EN 15316-3-1 (2007);

⁽³⁾ priklauso nuo pastato apdaro sandarumo ir pasyvios vėsinimo strategijos.

4.2.4. Įstiklinti apdaro elementai ir eksploataciniai šešėlio įrenginio reikalavimai

Įstiklintų elementų rodikliai ir savybės nurodyti 4.6 lentelėje. Šiuo atveju buvo įvertinti dvigubo stiklo paketai su PVC rėmu.

4.6 lentelė. Įstiklintų elementų optinės ir šiluminės savybės (stiklas + rėmai)

Medžiagos	U vertė [W/m ² ·K]	SHGC
PVC rėmas ir dvigubo stiklo paketas (8+6 mm su 14 mm oro tarpu)	2,597	0,780

Šešėlio įrenginių šiluminės savybės buvo įvertintos pagal 4.7 lentelę.

4.7 lentelė. Šešėlio įrenginių šiluminės ir opinės savybės

Elementas	Saulės perdava	Saulės atspindėjimo geba	R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	$\xi_{\text{gl+sh}}$
Langinės	0,02	0,80	0,260*	0,04**

* Įvertintos langinės ir oro tarpas (ISO 10077, 2006);

**EN 13363-1, 2007.

4.2.5. Nepermatomas apdaras

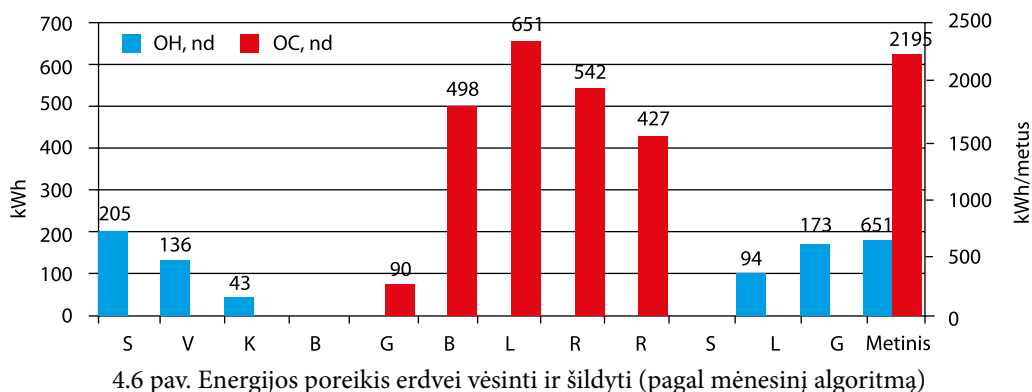
Fasado nepermatomų elementų rodikliai ir savybės paimti iš makrokomponentų lentelės (žr. 4.2 lentelę).

Pastato nepermatomo išorinio apdaro spalva veikia įkaitimą nuo saulės. Buvo įvertinta, kad pastatas yra šviesios spalvos, kurios sugerties koeficientas – 0,4.

4.2.6. Pastato energinės elgsenos rezultatai

Šiuo atveju energijos poreikis, apskaičiuotas taikant mėnesinį algoritmą, yra 651,3 kWh ir 2195,0 kWh per metus, atitinkamai erdvei šildyti ir vėsinti. Todėl metinis energijos poreikis erdvei šildyti ir vėsinti yra 2846,3 kWh ($23,0 \text{ kWh}/\text{m}^2$) ir 2642 kWh ($21,3 \text{ kWh}/\text{m}^2$) karštam vandeniui ruošti.

Mėnesiniai energijos poreikiai erdvei vėsinti ir šildyti pateikti 4.6 pav.



4.2.7. Palyginimas su skaitmeniniu sudėtingesniu modeliavimu

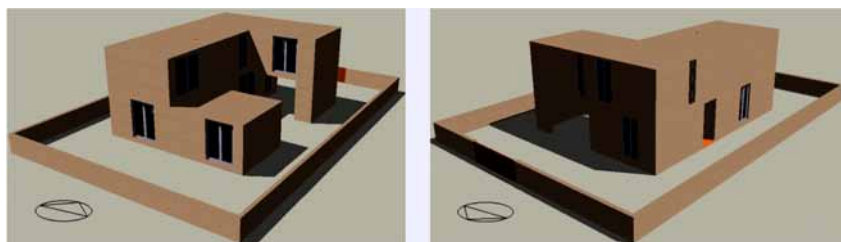
Buvo atliktas rezultatų, pateiktų pagal mėnesinį algoritmą, ir dinaminio sudėtingesnio modeliavimo, atlikto siekiant įvertinti anksčiau pateiktus rezultatus, palyginimas.

Dinaminio imitavimo modelis

Buvo atliktas pastato šiluminės elgsenos sudėtingesnis dinaminis modeliavimas naudojant *DesignBuilder* (2012) programinę įrangą. Oro duomenų, naudotų modeliuoti, šaltinis buvo tas pats kaip ir supaprastintojo būdo. Tačiau šiuo atveju vietoj mėnesinių sauso termometro temperatūros ir saulės spinduliuotės verčių buvo naudojamos valandinės visų oro rodiklių vertės.

Trimatis sudėtingesnis modeliavimas leidžia imituoti statinio architektūrą, iliustruotą 4.1 ir 4.2 pav. Taigi 4.7 pav. iliustruoti du *DesignBuilder* dinaminio imitavimo modelio išorinio fasado vaizdai. Statinio modelis buvo sudarytas iš dešimties skirtingų šiluminių zonų, atitinkančių statinio vidinį sudalijimą (4.8 pav.):

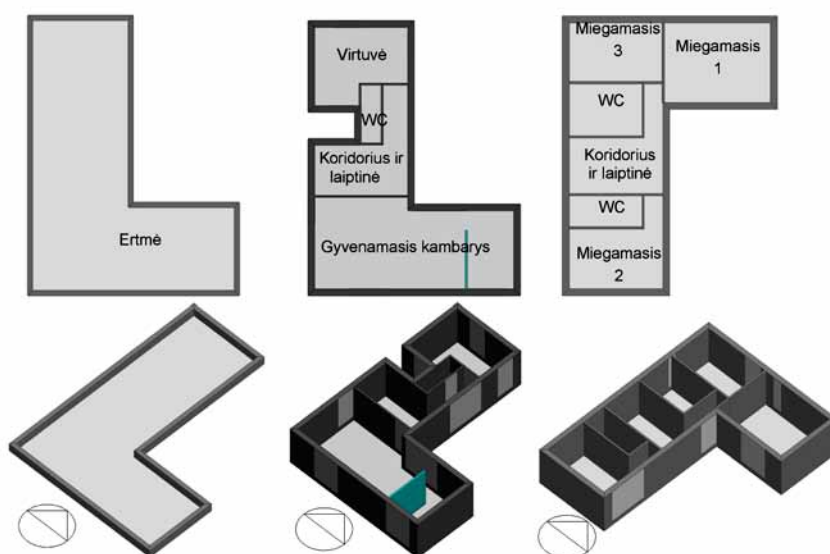
- ertmė pastato cokoliniame lygyje buvo sumodeliuota kaip nevėdinama erdvė;
- pirmas aukštas, turintis tris šilumines zonas;
- antras aukštas, turintis penkias zonas;
- abiejų aukštų bendra zona, į kurią įeina koridoriai ir laiptinė.



a) pietinis ir vakarinis vaizdai

b) šiaurinis ir rytinis vaizdai

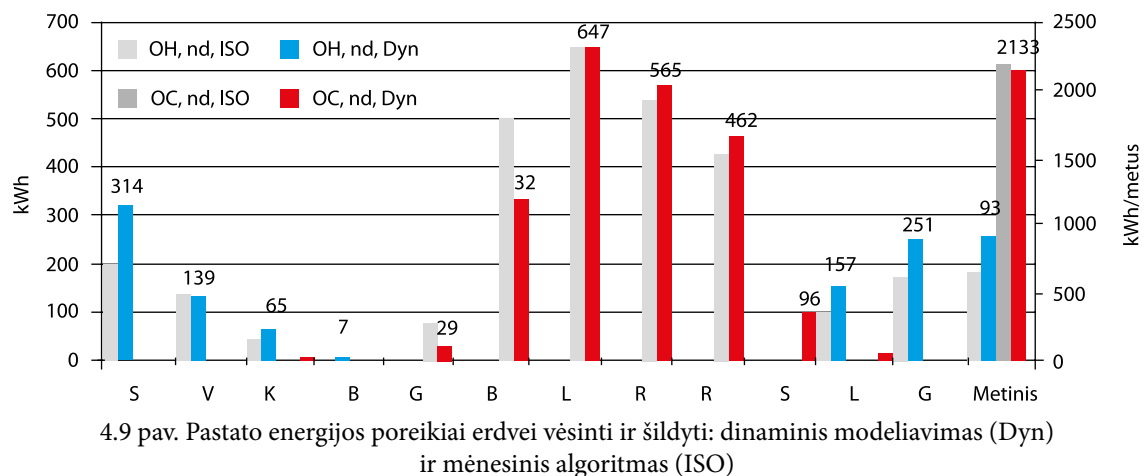
4.7 pav. Pastato modelio fasadų vaizdai



4.8 pav. Aukštų schemas

Modelyje įvertinti laikantieji elementai yra tie patys, kurie buvo aprašyti anksčiau taikant makrokomponentų būdą (žr. 4.2, 4.6 ir 4.7 lenteles, atitinkamai nepermatomam apdarui, įstiklintiems elementams ir šešėlio įrenginiams). Iš ankstesnio skaičiavimo taip pat buvo paimta ta pati langų šešėlio valdymo strategija, naudojimo režimas, vėdinimo ir infiltracijos lygiai, oro kondicionavimo įrangos veiksmingumas ir režimas.

Šildymo ir vėsinimo mėnesinių bei metinių energijos poreikių, suskaičiuotų abiem būdais, grafinis palyginimas pateiktas 4.9 pav. Metiniai energijos poreikiai erdvei šildyti ir vėsinti, gauti atlikus dinaminį modeliavimą, yra 932,4 kWh ir 2133,3 kWh, atitinkamai gaunamas bendrasis energijos poreikis 3065,7 kWh per metus (24,8 kWh/m²).



Kaip matyti iš 4.9 pav., energijos poreikis, apskaičiuotas supaprastintuoju būdu (mėnesinis metodas), gerai sutampa su dinaminio skaičiavimo rezultatais. Tuomet, kai lyginame nagrinėto tarpsnio suminius (2846,3 kWh/metus) energijos poreikius (šildyti ir vėsinti) su dinaminiais skaičiavimais, paklaida sudaro -7,2 %.

4.3. BAIGIAMOSIOS NUOSTATOS

Šiame dokumente pristatyti du supaprastintieji būdai, leidžiantys išvengti kompleksinių priemonių, tokių kaip tvermės nagrinėjimas, paprastai reikalaujančių kvalifikacijos šioje srityje, naudojimo ir sutrumpinti tam skirtą įprastą laiką.

Abiejų būdų įteisinimas buvo pagrįstas palyginimu su sudėtingesniais skaičiavimais, atliktais komercinėmis programomis *GaBi 6* (2012) ir *DesignBuilder* (2012), skirtomis tvermei vertinti ir energijos kiekiams apskaičiuoti.

Palyginimas su abiejų tipų skaičiavimų rezultatais leidžia daryti išvadą, kad abiejų būdų tikslumas yra visiškai priimtinas.

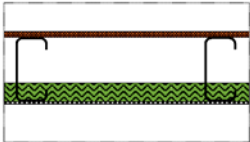
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI

- Blendspace <https://www.blendspace.com/lessons/hMYwDSTKeg6ssQ/essential-question-how-can-i-protect-this-environment> (last accessed in 2013).
- CPA, 2012. Construction Product Association “A guide to understanding the embodied impacts of construction products” [ISBN 978-0-9567726-6-4]
- DesignBuilder software v3.0.0.105, www.designbuilder.co.uk/, 2012
- EERE-USDoE, Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6_europe_wmo_region_6 (last accessed March 2014)
- EN 13363-1. (2007). Solar protection devices combined with glazing – Part 1: Simplified method. CEN – European Committee for Standardization.
- EN 15193, (2007) Thermal performance of buildings – Energy requirements for lighting, CEN – European Committee for Standardization.
- EN 15265, (2007) Energy performance of buildings – Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods – General criteria and validation procedures. CEN – European Committee for Standardization.
- EN 15316-3-1, (2007) Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.
- EN 15643-1. 2010. Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings – Part 1: General framework. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 15804. 2012. Sustainability of Construction Works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 15978. 2011. Sustainability of Construction Works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN ISO 13786, (2007) Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods, CEN – European Committee for Standardization.
- EN ISO 6946, (2007) Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method, CEN – European Committee for Standardization.
- EPA. U. S. Environmental protection Agency. Climate change. (<http://www.epa.gov/climatechange/>) (last accessed in 19/09/2009).
- EPD. http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/images/smog_cause_eng.jpg
- Forsberg, A., von Malmborg F. 2004. Tools for environmental assessment of the built environment. In: Building and Environment, 39, pp. 223–228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.09.004>
- GaBi 6 (2012). Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Version 5.56. PE International AG, Leinfelden-Echterdingen, Germany
- GaBi databases 2006. PE INTERNATIONAL GmbH; LBP-GaBi, University of Stuttgart: GaBi Software System, Leinfelden-Echterdingen / Germany, 2009.
- Gervásio, H., Martins, R., Santos, P., Simões da Silva, L., “A macro-component approach for the assessment of building sustainability in early stages of design”, Building and Environment 73 (2014), pp. 256–270, <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.015>.
- Google Earth Software Website: www.google.co.uk/intl/en_uk/earth/ (last accessed January 2014).

- Gorgolewski, M. (2007) Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. *Building and Environment*, 42(1), 230–236. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.001>
- Guinée, J. B.; Gorée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.
- Heijungs, R., Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R., Udo de Haes, H., Sleeswijk, A., Ansems, A., Egges, P., van Duin, R. and de Goede, H. 1992. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML. Leiden University. Leiden
- Howard N, Edwards S and Anderson J. 1999. Methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings. BRE Report BR 370. Watford. (<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>)
- Huijbregts, M. 2001. Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment. PhD. Thesis. University of Amsterdam. The Netherlands.
- IEA. 2001. LCA methods for buildings. Annex 31 – Energy-related environmental impact of buildings. International Energy Agency.
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report – Climate Change 2007. IPCC, Geneva, Switzerland
- ISO 10077, (2006) Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: General, ISO – International Organization for Standardization.
- ISO 13370, (2007) Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods, ISO – International Organization for Standardization.
- ISO 13789, (2007) Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method, ISO – International Organization for Standardization.
- ISO 13790, (2008) Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.
- ISO 14025. 2006. Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures
- ISO 14040. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- ISO 14044. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jönsson Å. 2000. Tools and methods for environmental assessment of building products – methodological analysis of six selected approaches. In: *Building and Environment*, 35, pp. 223–238.
- Kellenberger D. 2005. Comparison and benchmarking of LCA-based building related environmental assessment and design tools. EMPA Dübendorf, Technology and Society Laboratory, LCA group.
- Kortman J, van Eijwik H, Mark J, Anink D, Knapen M. 1998. Presentation of tests by architects of the LCA-based computer tool EcoQuantum domestic. Proceedings of Green Building Challenge 1998. Vancouver. Canada (<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/product7.htm>)
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B and Rubel F (2006) World map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259–263. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- LCI, 2001. World Steel Life Cycle Inventory. Methodology report 1999/2000. International Iron and Steel Institute. Committee on Environmental Affairs, Brussels.
- Lippiatt, B. 2002. Building for environmental and economical sustainability. Technical manual and user guide (BEES 3.0). National Institute of Standards and Technology (NIST). Report NISTIR 6916. (<http://www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html>).
- RCCTE (2006) Portuguese code of practice for thermal behaviour and energy efficiency of residential buildings. Decreto-Lei n.80/2006. Regulamento das Características Térmicas dos Edifícios (in Portuguese:). Lisboa, Portugal: Diário da República.

- Reijnders L., van Roekel A. 1999. Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. In: *Journal of Cleaner Production*, 7, pp. 221–225. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00080-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00080-3)
- Santos P., Gervásio H., Simões da Silva L., & Gameiro A. (2011). Influence of climate change on the energy efficiency of light-weight steel residential buildings. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28, 325–352. <http://dx.doi.org/10.1080/10286608.2011.637624>
- Santos P., Simões da Silva L., & Ungureanu V. 2012. *Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings*. European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Technical Committee 14 – Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, ISBN 978-92-9147-105-8, N. 129, 1st edition.
- SB_Steel, 2014. Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel
- Steel Recycling Institute. <http://www.recycle-steel.org/construction.html> (last accessed in 31/08/2009)
- The energy library. <http://theenergylibrary.com/node/324>
- Trusty WB, Associates. 1997. Research guidelines. ATHENATM Sustainable Materials Institute. Merrickville. Canada. (<http://www.athenasmi.ca/about/lcaModel.html>)
- UNEP, 2004. Why take a life cycle approach? United Nations Publication. ISBN: 92-807-24500-9
- UniFormat™: A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies (2010). The Construction Specification Institute (CSI), Alexandria, VA, and Construction Specifications Canada (CSC), Toronto, Ontario. ISBN 978-0-9845357-1-2.
- Werner, F. 2005. Ambiguities in decision-oriented life cycle inventories – The role of mental models and values. Springer Netherlands. <http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3254-4>
- Wikipedia, 2013a. http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_pollution
- Wikipedia, 2013b. http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_resource
- Worldsteel organization. <http://www.worldsteel.org/index.php> (last accessed in 31/08/2009)

1 PRIEDAS. MAKROKOMPONENTŲ DUOMENŲ BAZĖ

B1010.10 Perdangos laikantysis sijynas				
B1010.10.1a	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	18	Sudeginimas	80
	Oro tarpas (mm)	160		
	Akmens vata (mm)	40	Perdirbimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.1a – LCA					
	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,83E-05	1,76E-05	1,54E-09	3,37E-08	–1,96E-04
ADP iškasenų [MJ]	5,48E+02	6,54E-01	5,72E-01	1,31E+00	–3,35E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,70E-01	2,11E-04	1,83E-04	5,74E-04	–4,45E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,41E-02	4,86E-05	4,20E-05	8,79E-05	–1,01E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	5,12E+01	4,71E-02	4,12E-02	3,86E-01	–1,46E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	7,65E-07	8,25E-13	7,21E-13	7,21E-11	1,76E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,53E-02	–6,89E-05	–5,95E-05	1,49E-04	–1,07E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Akmens vata	PE International	Europa	2011

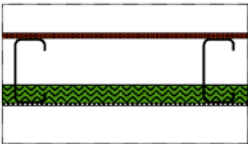
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2008
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2008

B1010.10 Perdangos laikantysis sijynas

B1010.10.1b	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	18	Sudeginimas	80
	Oro tarpas (mm)	160	–	–
	EPS (mm)	40	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	LPK (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.1b – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,75E-05	1,53E-09	1,34E-09	3,80E-08	–1,96E-04
ADP iškasenų [MJ]	5,36E+02	5,70E-01	5,00E-01	1,37E+00	–3,57E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,30E-01	1,84E-04	1,60E-04	6,24E-04	–5,26E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	9,54E-03	4,24E-05	3,68E-05	1,00E-04	–1,48E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	4,68E+01	4,11E-02	3,60E-02	2,48E+00	–1,63E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	8,21E-07	7,19E-13	6,31E-13	6,98E-11	1,76E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	3,55E-02	–6,01E-05	–5,20E-05	1,42E-04	–1,12E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas – LCA	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
EPS	PE International	Europa	2011

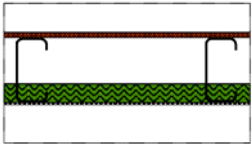
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
EPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis sijynas

B1010.10.1c	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	18	Sudeginimas	80
	Oro tarpas (mm)	160	–	–
	XPS (mm)	40	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.1c – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,81E-05	1,56E-05	1,37E-09	4,42E-08	–1,96E-04
ADP iškasenų [MJ]	5,75E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,54E+00	–3,70E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,33E-01	1,87E-04	1,62E-04	7,16E-04	–5,74E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	9,731E-03	4,30E-05	3,73E-05	1,17E-04	–1,77E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	4,79E+01	4,16E-02	3,65E-02	3,78E+00	–1,72E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	7,64E-07	7,29E-13	6,40E-13	7,61E-11	1,75E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,49E-02	–6,09E-05	–5,28E-05	1,54E-04	–1,15E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpсниui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
XPS	PE International	Vokietija	2011

A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
EPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.1d	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	18	Sudeginimas	80
	Oro tarpas (mm)	160	–	–
	PUR (mm)	40	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.1d – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	4,65E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,28E-08	–1,96E-04
ADP iškasenų [MJ]	6,19E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,76E+00	–3,57E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,37E-01	1,87E-04	1,62E-04	1,43E-04	–5,26E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,09E-02	4,30E-05	3,73E-05	3,06E-04	–1,48E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	5,18E+01	4,16E-02	3,65E-02	2,59E+00	–1,63E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	7,65E-07	7,29E-13	6,40E-13	8,46E-11	1,76E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,37E-02	–6,09E-05	–5,28E-05	1,90E-04	–1,12E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
PUR	PE International	Vokietija	2011

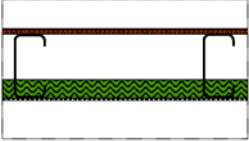
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
PUR deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.1e	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	18	Sudeginimas	80
	Oro tarpas (mm)	160	–	–
	Kamštinė danga (mm)	40	Perdirbimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.1e – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,72E-05	1,64E-09	1,43E-09	3,09E-08	–1,96E-04
ADP iškasenų [MJ]	5,04E+02	6,09E-01	5,32E-01	1,21E+00	–3,35E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,35E-01	1,97E-04	1,70E-04	5,26E-04	–4,45E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,13E-02	4,53E-05	3,91E-05	8,06E-05	–1,01E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	4,75E+01	4,38E-02	3,83E-02	3,54E-01	–1,46E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	7,64E-07	7,68E-13	6,71E-13	6,61E-11	1,76E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,27E-02	–6,42E-05	–5,54E-05	1,37E-04	–1,07E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Kamštinė danga	PE International	Vokietija	2011

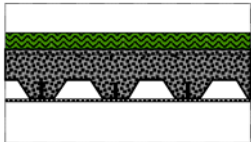
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.2a	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	PE (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	410	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	8,24	Perdirbimas	70
	Lakštinis profiliuotis (kg/m ²)	11,10	Perdirbimas	70
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Plieninė konstrukcija (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.2a – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–4,61E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	–3,32E-04
ADP iškasenų [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	–3,44E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	3,93E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	–9,22E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	3,65E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,28E-03	–2,77E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,58E+01	–3,67E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg etileno-Ekv.]	6,27E-02	–8,13E-04	–7,01E-04	5,54E-03	–1,90E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Lakštiniai profiliuočiai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Laikantieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
PE	PE International	Vokietija	2011

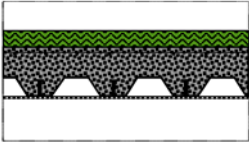
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
PE deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.2b	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	EPS (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	410	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	8,24	Perdirbimas	70
	Lakštinis profiliuotis (kg/m ²)	11,10	Perdirbimas	70
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Plieninė konstrukcija (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.2b – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–4,62E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	–3,32E-04
ADP iškasenų [MJ]	1,54E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,89E+01	–3,37E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	3,92E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,13E-02	–8,94E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	3,64E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,27E-03	–2,61E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	1,50E+02	5,55E-01	4,86E-01	1,54E+01	–3,62E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	1,91E-06	9,73E-12	8,50E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg etileno-Ekv.]	6,92E-02	–8,13E-04	–7,01E-04	5,53E-03	–1,88E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Lakštiniai profiliuotieji	Worldsteel	Pasaulis	2007
Laikantieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
EPS	PE International	Europa	2011

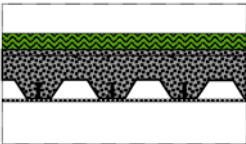
A4 ir C2 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
EPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.2c	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	XPS (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	410	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	8,24	Perdirbimas	70
	Lakštinis profiliuotis (kg/m ²)	11,10	Perdirbimas	70
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Plieninė konstrukcija (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.2c – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,26E-06	–3,32E-04
ADP iškasenų [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	–3,43E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	3,94E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	–9,19E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	3,65E-02	5,74E-04	4,96E-04	3,28E-03	–2,75E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,60E+01	–3,66E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg etileno-Ekv.]	6,39E-02	–8,13E-04	–7,01E-04	5,54E-03	–1,89E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Lakštiniai profiliuočiai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Laikantieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
XPS	PE International	Vokietija	2011

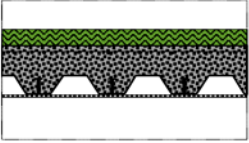
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
XPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.2d	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Kamštinė danga (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	410	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	8,24	Perdirbimas	70
	Lakštinis profiliuotis (kg/m ²)	11,10	Perdirbimas	70
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Perdirbimas	80
	Plieninė konstrukcija (kg/m ²)	14	Perdirbimas	90

B1010.10.2d – LCA

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,25E-06	–3,32E-04
ADP iškasenų [MJ]	1,52E+03	7,73E+00	6,76E+00	4,88E+01	–3,26E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	3,95E-01	2,50E-03	2,16E-03	2,13E-02	–8,54E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	3,73E-02	5,75E-04	4,97E-04	3,26E-03	–2,37E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	1,51E+02	5,57E-01	4,87E-01	1,43E+01	–3,53E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	1,88E-06	9,75E-12	8,53E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg etileno-Ekv.]	6,28E-02	–8,15E-04	–7,03E-04	5,53E-03	–1,86E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Lakštiniai profiliuočiai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Laikantieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Kamštinė danga	PE International	Vokietija	2011

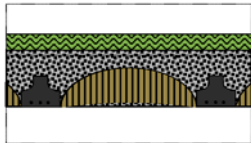
A4 ir C2 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.3a	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	PE (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	455,4	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	21,17	Perdirbimas	70

B1010.10.3a

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–5,27E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	–1,09E-05
ADP iškasenų [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	–4,99E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,62E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	–1,80E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,55E-03	–7,25E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,70E+01	–5,44E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,23E-02	–8,09E-04	–6,98E-04	6,00E-03	–2,31E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
PE	PE International	Vokietija	2011


A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007
PE deginimas	PE International	Europa	2011

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.3b	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	EPS (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	455,4	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	21,17	Perdirbimas	70

B1010.10.3b

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–5,38E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	–1,09E-05
ADP iškasenų [MJ]	6,18E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,30E+01	–4,24E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,61E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,31E-02	–1,52E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	2,11E-02	5,71E-04	4,93E-04	3,55E-03	–5,61E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,36E+01	5,53E-01	4,83E-01	1,66E+01	–4,87E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	2,93E-07	9,68E-12	8,46E-12	2,90E-09	3,61E-08
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,87E-02	–8,09E-04	–6,98E-04	6,00E-03	–2,14E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
EPS	PE International	Europa	2011


A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdurbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007
EPS deginimas	PE International	Europa	2011

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.3c	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	XPS (mm)	20	Sudeginimas	80
	Betonas (kg/m ²)	455,4	Perdurbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	21,17	Perdurbimas	70

B1010.10.3c

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–5,35E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	–1,09E-05
ADP iškasenų [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	–4,89E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,63E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	–1,77E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,56E-03	–7,04E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,72E+01	–5,37E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,35E-02	–8,09E-04	–6,98E-04	6,01E-03	–2,28E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
XPS	PE International	Europa	2011

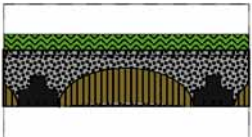
A4 ir C2 moduliuose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007
EPS deginimas	PE International	Europa	2011

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B1010.10.3d	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Kamštinė danga (mm)	20	Perdirbimas	80
	Betonas (kg/m ²)	455,4	Perdirbimas	70
	Armatūros strypai (kg/m ²)	21,17	Perdirbimas	70

B1010.10.3d

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	–5,40E-05	2,07E-08	1,83E-08	1,36E-06	–1,09E-05
ADP iškasenų [MJ]	6,02E+02	7,69E+00	6,80E+00	5,29E+01	–3,17E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,64E-01	2,49E-03	2,18E-03	2,31E-02	–1,12E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	2,19E-02	5,72E-04	5,00E-04	3,54E-03	–3,22E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,40E+01	5,54E-01	4,90E-01	1,55E+01	–4,05E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	2,64E-07	9,71E-12	8,58E-12	2,90E-09	3,62E-08
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,24E-02	–8,11E-04	–7,07E-04	6,00E-03	–1,91E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos laikančiosios plokštės 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Betonas	PE International	Vokietija	2011
Armatūros strypai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Kamštinė danga	PE International	Vokietija	2011

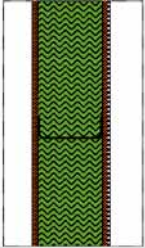
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdurbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B1010.10 Perdangos laikantysis strypynas

B2010.20.1a	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	13	Sudeginimas	80
	Akmens vata (mm)	120	Perdurbimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Užkasimas	–
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	15	Perdurbimas	70

B1010.20.1a

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	3,06E-05	2,19E-09	1,92E-09	4,32E-08	–2,10E-04
ADP iškasenų [MJ]	7,09E+02	8,14E-01	7,12E-01	1,68E+00	–3,05E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	2,65E-01	2,63E-04	2,28E-04	7,35E-04	–4,81E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	2,41E-02	6,05E-05	5,23E-05	1,13E-04	–1,17E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	6,50E+01	5,86E-02	5,13E-02	4,94E+01	–1,73E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	6,43E-07	1,03E-12	8,98E-13	9,24E-11	3,41E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	3,27E-02	–8,58E-05	–7,40E-05	1,91E-04	–1,13E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Akmens vata	PE International	Europa	2011


A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B2010.20 Perdangos laikantysis strypynas

B2010.20.1b	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	13	Sudeginimas	80
	EPS (mm)	120	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Užkasimas	–
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m²)	15	Perdirbimas	90

B1010.20.1b

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,82E-05	1,93E-09	1,62E-09	5,61E-08	–2,10E-04
ADP iškasenų [MJ]	6,75E+02	7,18E-01	6,00E-01	1,84E+00	–3,70E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,44E-01	2,32E-04	1,92E-04	8,87E-04	–7,24E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,03E-02	5,34E-05	4,41E-05	1,50E-04	–2,60E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	5,18E+01	5,17E-02	4,33E-02	6,79E+00	–2,22E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	8,13E-07	9,05E-13	7,57E-13	8,54E-11	3,41E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	6,33E-02	–7,57E-05	–6,24E-05	1,70E-04	–1,27E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
EPS	PE International	Europa	2011


A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
EPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.1c	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	13	Sudeginimas	80
	XPS (mm)	120	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Užkasimas	–
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	15	Perdirbimas	90

B1010.20.1c

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,99E-06	2,24E-09	1,84E-09	7,46E-08	–2,10E-04
ADP iškasenų [MJ]	7,80E+02	8,33E-01	6,85E-01	2,36E-00	–4,08E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,53E-01	2,69E-04	2,19E-04	1,16E-03	–8,70E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,09E-02	6,20E-05	5,04E-05	2,01E-04	–3,46E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	5,52E+01	6,00E-02	4,94E-02	1,07E-01	–2,52E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	6,41E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,04E-10	3,41E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	3,16E-02	–8,79E-05	–7,13E-05	2,06E-04	–1,36E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
XPS	PE International	Vokietija	2011

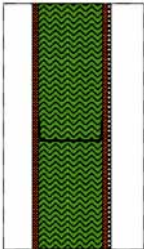
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
XPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.1d	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	13	Sudeginimas	80
	PUR (mm)	120	Sudeginimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Užkasimas	–
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	15	Perdirbimas	90

B1010.20.1d

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	8,52E-06	2,24E-09	1,84E-09	7,64E-08	–2,10E-04
ADP iškasenų [MJ]	9,22E+02	8,33E-01	6,85E-01	3,02E+00	–3,70E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,66E-01	2,69E-04	2,19E-04	3,30E-03	–7,23E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,43E-02	6,20E-05	5,04E-05	7,68E-04	–2,60E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	6,70E+01	6,00E-02	4,94E-02	7,11E+00	–2,22E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	6,44E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,30E-10	3,41E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,81E-02	–8,79E-05	–7,13E-05	3,15E-04	–1,27E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
PUR	PE International	Vokietija	2011

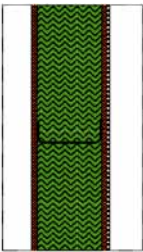
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
PUR deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.1e	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	OSB (mm)	13	Sudeginimas	80
	Kamštinė danga (mm)	120	Perdirbimas	80
	Gipskartonio plokštė (mm)	15	Užkasimas	–
	Lengvieji plieniniai elementai (kg/m ²)	15	Perdirbimas	90

B1010.20.1d

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,72E-05	3,49E-09	1,60E-09	3,49E-08	–2,10E-04
ADP iškasenų [MJ]	5,78E+02	1,30E+00	5,94E+01	1,36E+00	–3,05E+02
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,60E-01	4,19E-04	1,90E-04	5,92E-04	–4,81E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,55E-02	9,64E-05	4,37E-05	9,07E-05	–1,17E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	5,39E+01	9,34E-02	4,28E-01	3,98E+01	–1,73E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	6,40E-07	1,64E-12	7,49E-11	7,44E-11	3,41E-07
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,50E-02	–1,37E-04	–6,17E-04	1,54E-04	–1,13E-02

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB	PE International	Vokietija	2008
Gipskartonio plokštė	PE International	Europa	2008
Lengvieji plieniniai elementai	Worldsteel	Pasaulis	2007
Kamštinė danga	PE International	Vokietija	2011

A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
OSB deginimas	PE International	Vokietija	2008
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Plieno perdirbimas	Worldsteel	Pasaulis	2007

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2a	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	Akmens vata (mm)	60	Perdirbimas	80
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B1010.20.2a				
	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	4,00E-06	1,37E-08	1,20E-08	1,55E-06
ADP iškasenų [MJ]	6,11E+02	5,10E+00	4,46E+00	6,05E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	1,33E-01	1,65E-03	1,43E-03	2,64E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,58E-02	3,79E-04	3,28E-04	4,04E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	8,12E+01	3,67E-01	3,21E-01	1,78E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	3,62E-09	6,43E-12	5,62E-12	3,32E-09
POCP [kg etileno-Ekv.]	1,21E-02	-5,37E-04	-4,64E-04	6,86E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
Akmens vata	PE International	Europa	2011

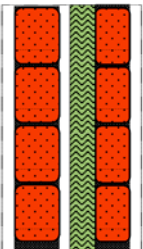
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2b	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	EPS (mm)	60	Sudeginimas	80
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B1010.20.2b

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,81E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,56E-06	–4,49E-08
ADP iškasenų [MJ]	5,94E+02	4,97E+00	4,35E+00	6,06E+01	–3,21E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	7,23E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,65E-02	–1,22E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	8,96E-03	3,70E-04	3,20E-04	4,06E-03	–7,17E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,46E+01	3,58E-01	3,13E-01	2,09E+01	–2,46E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	8,86E-08	6,27E-12	5,48E-12	3,31E-09	–4,97E-11
POCP [kg etileno-Ekv.]	2,74E-02	–5,24E-04	–4,52E-04	6,85E-03	–7,02E-04

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
EPS	PE International	Europa	2011

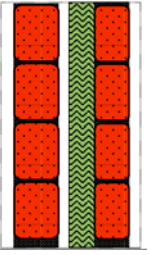
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
EPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2c	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	XPS (mm)	60	Sudeginimas	80
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B2010.20.2c

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	3,64E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	–7,18E-08
ADP iškasenų [MJ]	6,51E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,08E+01	–5,14E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	7,67E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,66E-02	–1,95E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	9,23E-03	3,71E-04	3,20E-04	4,09E-03	–1,15E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,63E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,29E+01	–3,94E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	3,00E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,32E-09	–7,96E-11
POCP [kg etileno-Ekv.]	1,15E-02	–5,25E-04	–4,53E-04	6,87E-03	–1,12E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
XPS	PE International	Vokietija	2011

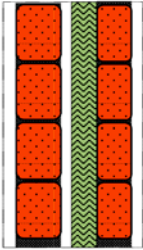
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
XPS deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2d	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	PUR (mm)	60	Sudeginimas	80
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B1010.20.2d

	A1–A3	A4	C2	C4	D
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	3,13E-05	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	–4,52E-08
ADP iškasenų [MJ]	7,17E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,12E+01	–3,22E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	8,33E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,77E-02	–1,21E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,09E-02	3,71E-04	3,20E-04	4,37E-03	–7,15E-04
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	8,22E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,11E+01	–2,46E+00
ODP [kg R11-Ekv.]	4,11E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,34E-09	–4,99E-11
POCP [kg etileno-Ekv.]	9,80E-03	–5,25E-04	–4,53E-04	6,92E-03	–7,02E-04

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
PUR	PE International	Vokietija	2011

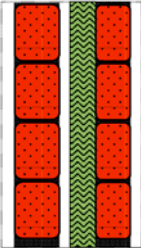
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
PUR deginimas	PE International	Europa	2011
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2e	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	Kamštinė danga (mm)	60	Perdirbimas	80
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B1010.20.2e				
	A1–A3	A4	C2	C4
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	2,27E-06	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP iškasenų [MJ]	5,46E+02	5,03E+00	4,40E+00	6,03E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	8,06E-02	1,63E-03	1,41E-03	2,63E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,16E-02	3,74E-04	3,23E-04	4,03E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,57E+01	3,62E-01	3,17E-01	1,77E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	2,30E-09	6,35E-12	5,55E-12	3,31E-09
POCP [kg etileno-Ekv.]	8,25E-03	–5,30E-04	–4,57E-04	6,84E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (U) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (k_m) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
Kamštinė danga	PE International	Vokietija	2011

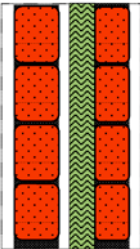
A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011

B2010.20 Išorinės sienos konstrukcija

B2010.20.2f	Medžiagos	Storis/ tankis	Gyvavimo pabaigos scenarijus	PR (%)
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	
	Oro tarpas (mm)	0		
	Stiklo vata (mm)	60	Užkasimas	
	Plytų mūras (mm)	11	Užkasimas	

B1010.20.2f

	A1–A3	A4	C2	C4
ADP elementų [kg Sb-Ekv.]	6,07E-04	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP iškasenų [MJ]	6,13E+02	5,01E+00	4,38E+00	6,05E+01
AP [kg SO ₂ -Ekv.]	9,80E-02	1,62E-03	1,40E-03	2,67E-02
EP [kg fosfatų-Ekv.]	1,33E-02	3,73E-04	3,22E-04	5,07E-03
GWP [kg CO ₂ -Ekv.]	7,81E+01	3,61E-01	3,16E-01	1,83E+01
ODP [kg R11-Ekv.]	3,81E-09	6,32E-12	5,53E-12	–3,92E-09
POCP [kg etileno-Ekv.]	8,60E-03	–5,28E-04	–4,56E-04	7,01E-03

Funkcinis ekvivalentas

50 metų naudojimo tarpsniui suprojektuotos pastato išorinės sienos 1 m² šilumos perdava (*U*) lygi 0,92 W/m²·K, o šiluminė inercija (*k_m*) – 61 060 J/m²·K.

Papildoma informacija

A1–A3 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Plytos	PE International	Vokietija	2011
Stiklo vata	PE International	Europa	2011

A4 ir C2 moduluose naudotas duomenų rinkinių sąrašas (įvertinant 20 km nuotolį)

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Gabenimas sunkvežimiais	PE International	Pasaulis	2011

C4–D modulyje naudotas duomenų rinkinių sąrašas

Procesas	Duomenų šaltinis	Geografinė aprėptis	Data
Inertinių medžiagų užkasimas	PE International	Vokietija	2011
Stiklo vatos užkasimas	PE International	Vokietija	2010